HOMMAGE DE L'AUTEUR

La Spermatogénèse

CHEZ LES TRITONS

PAR

F. A. JANSSENS

PROFESSEUR DE BIOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

(Extrait de la Revue « La Cellule », *t. XIX,* 1er *fascicule.)*

(Mémoire déposé le 28 *juin* 1901.)

LIERRE
TYP. DE JOSEPH VAN IN & Cie,
Grand'place, 38.

LOUVAIN
A. UYSTPRUYST, LIBRAIRE,
rue de Namur, 11.

La Spermatogénèse

CHEZ LES TRITONS

PAR

F. A. JANSSENS

PROFESSEUR DE BIOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

(Extrait de la Revue « **La Cellule** », *t. XIX,* 1er *fascicule.)*

(Mémoire déposé le 28 *juin* 1901.)

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/laspermatogenese0002faja

LA SPERMATOGÉNÈSE

CHEZ LES TRITONS

INTRODUCTION.

Le lecteur qui verra le titre de notre travail sera vraisemblablement tenté de s'écrier : « Encore! » Il semble, en effet, qu'il soit impossible de trouver du neuf à dire sur une question qui a été traitée si souvent et avec une si grande compétence par les maîtres de la biologie moderne. Nous étions nous-même dans ces dispositions quand, il y a bientôt cinq ans, J. B. Carnoy nous demanda de reprendre *la spermatogénèse dans les batraciens*. Nous nous mîmes à cette question bien plutôt pour être agréable à notre maître regretté que pour satisfaire notre curiosité personnelle. Cependant, au fur et à mesure que nous avancions, des *questions de détail* captivèrent notre attention et nous pûmes nous convaincre que le dernier mot n'était pas encore dit sur la question de l'hérédité, la question de la réduction, de l'essence des divisions sexuelles, ni même sur la nature de la cinèse somatique.

Nous rencontrions dans les faits indiscutables que nous avions devant les yeux des pierres d'achoppement pour des théories bien belles cependant et qui semblaient pensées avec beaucoup de force et étayées avec une grande science. Il nous venait alors à l'esprit un proverbe populaire flamand qui dit : « dans l'art de voler le plus difficile s'est de se rasseoir ». Nous rencontrons la même pensée dans un article critique récent de Prenant : « dans « les sciences dont l'objet est accessible à nos sens, le danger que court « l'idée n'est pas dans son envolée géniale, ni dans le soleil qui peut la « brûler, mais dans la descente sur terre parmi les données empiriques qui « peuvent la briser ».

Cette pensée nous a donné un nouveau courage et nous nous sommes dit que, si le métier du briquetier ou du tailleur de pierre n'est pas aussi noble que celui de l'architecte, ce dernier serait cependant réduit à la triste nécessité de construire des châteaux en Espagne, si le concours des premiers ne lui était pas assuré.

Nous ne prétendons donc pas, dans ce travail, apporter des théories à large envergure, mais nous croyons avoir préparé et achevé quelques pierres qui pourront tôt ou tard être employées par un homme plus hardi que nous. Nous savons bien que ces recherches patientes et laborieuses ne nous vaudront pas les honneurs qu'on a coutume de décerner aux auteurs des grandes théories. « Mais les théories qui donnent du mérite à la personne sont » moins généreuses malheureusement envers la science impersonnelle; et » trop souvent, après elles, il ne reste plus qu'à dire d'elles et de leurs au- » teurs : *si non e vero, e bene trovato*, un reproche que le plus humble fait » bien observé n'encourt pas, et un compliment que les plus belles théories » font venir sous la plume en attendant leur vérification expérimentale (1). »

Méthodes.

Les recherches qui font l'objet du présent travail ont été entreprises sur des animaux fixés dans les 24 heures qui ont suivi leur capture. Nous avons observé sur des salamandres tenues en captivité pendant peu de temps des altérations considérables. C'est principalement cette considération qui nous a fait abandonner cet objet, parce que nous ne pouvions pas à toute époque de l'année nous le procurer à l'état suffisamment frais et naturel.

Fixateurs. Nous avons successivement essayé sur les testicules de tritons tous les agents fixateurs recommandés par les auteurs. Toutes ces solutions donnent des préparations où les réseaux protoplasmatiques des figures cinétiques et leurs asters sont plus ou moins bien conservés. Ces divers fixateurs donnent en somme des figures très analogues. Ce fait prouve à notre avis qu'il ne s'agit pas en général ici des « Artefacte » de Fischer, 1900, mais bien d'objets qui existent dans la nature. Nous admettons volontiers avec Fischer que certaines structures peuvent devenir plus grossières et plus évidentes à l'aide de certains fixateurs, parce que la précipitation des albumines se fera sur des filaments déjà existants. Il en est

(1) Prenant, 1901.

ainsi, croyons-nous, du sublimé qui donne toujours des réseaux à trabécules plus grosses. Mais n'est-ce pas là un de ses plus grands avantages? Nos solutions au sublimé renfermaient toujours des quantités telles (1) de cette substance que celle-ci ne pouvait permettre, par exemple, la formation des asters artificiels dont parle Fischer, p. 210, p. 265, etc., surtout aux bords de la préparation.

Les solutions au chlorure mercurique ne nous ont satisfait que fort imparfaitement. Nous dirions volontiers qu'elles sont trop brutales pour notre objet.

La solution de von Lenhossek (1898) employée dans les conditions recommandées par l'auteur, c'est-à-dire à une température voisine de 40° C. pendant 24 heures, rétracte extrêmement les noyaux et détruit le protoplasme. C'est une des solutions qui fournissent les moins bons résultats dans les urodèles. Il est possible que pour des animaux à sang chaud cette méthode puisse être recommandée. Nous ne recommandons pas beaucoup plus pour notre objet la solution de Gilson ou la solution forte de Carnoy. La solution de Gilson, additionnée d'acide osmique (60 cc. solution de Gilson, 10 cc. d'acide osmique à 1 o/o), est meilleure. Le chlorure d'iridium acétique, recommandé par Eisen, a été étudié avec soin. Bolles Lee, dans sa dernière édition, apprécie assez exactement, nous semble-t-il, la valeur de ce réactif, quand il dit que le chlorure d'iridium est un corps qui ne fixe *tout simplement pas du tout*. Les préparations que l'on obtient à l'aide de cet agent fixateur se présentent de la manière suivante. Le protoplasme et toute la partie interne de la cellule sont séparés violemment de la membrane cellulaire et n'y tient plus que par des bribes. On dirait que toutes ces parties plus molles ont subi un retrait, tandis que les membranes retenus par le tissu conjonctif environnant ont gardé leur forme primitive. Le protoplasme paraît très altéré et on n'y voit qu'une structure très vague et *floue*. Les noyaux ont assez bien conservé leur forme ronde. L'élément nucléinien est fort gonflé et se colore plus difficilement. En un mot, ce fixateur n'a pas, à beaucoup près, la valeur que lui attribue Eisen. Il déforme singulièrement et semble empâter les objets.

Nous nous sommes trouvé le mieux des solutions de Flemming et de Hermann. Cette dernière *surtout* nous a donné des préparations magnifiques. Le protoplasme reste en contact tant avec la membrane nucléaire

(1) Voyez le tableau de Fischer, p. 212.

qu'avec la membrane cellulaire. Cette dernière apparaît très bien à la limite des deux cellules. *Nous considérons l'ensemble de ces caractères comme ceux d'une bonne fixation.* Les préparations sont d'une finesse et d'une netteté admirables. Il y a cependant un inconvénient à ces solutions osmiquées. Comme on le sait, l'osmium réduit ou noircit considérablement les objets et ceci est plus visible encore dans les préparations à la solution d'HERMANN qu'à celle de FLEMMING. Nous évitons absolument les inconvénients de ce dépôt en traitant les coupes avec l'eau oxygénée renouvelée deux fois sur porte-objet pendant 15 minutes.

On sait que les solutions de FLEMMING et de HERMANN sont peu pénétrantes. Les petits testicules de tritons sont pour cette raison coupés en deux ou trois parties avant d'y être plongés.

Nous enrobons à la température la plus basse possible. Nous avons expérimenté que les températures dépassant 48° contractent les objets.

Méthodes optiques. Nous nous sommes servi pour ce travail des lentilles de Zeiss. Comme objectif d'observation courante, nous employons l'apochromatique 2 mm., ouv. num. 1,30. Pour les cas difficiles, nous recourons à l'ouv. num. 1,40, qui présente sur le premier des avantages sérieux, mais est d'un maniement plus délicat. Comme appareil d'éclairage, nous nous servons de la lampe Nelson-Darlinger construite par James Swift and Son et du condensateur achromatique à immersion homogène et ouv. num. 1,40 de R. J. Beck, Ltd. Ces instruments fournissent une lumière à la fois puissante et douce et qui ne produit jamais d'interférences quand toutes leurs parties sont bien centrées. Ce dernier résultat ne s'obtient qu'avec un peu de patience et de l'habitude.

Comme filtre de lumière, nous pouvons recommander le verre au cobalt que Swift ajoute à sa lampe. Il permet de juger des diverses teintes d'une préparation. Cependant au spectroscope, cette lumière laisse passer relativement beaucoup de rayons rouges, quoiqu'il y ait deux bandes noires dans cette couleur. De plus, elle a une large bande estompée dans le vert et absorbe une assez forte quantité d'extrême violet. Nous nous sommes demandé s'il n'y aurait pas une substance colorante qui permettrait l'observation à l'aide des couleurs les plus réfractées du spectre, ces dernières, comme on le sait, sont les plus définissantes. Nous avons essayé successivement les couleurs suivantes :

Le vert de méthyle laisse passer beaucoup de rouge, peu de violet.

Le vert malachite laisse passer à peu près les mêmes couleurs.

Le bleu carmin laisse passer beaucoup de rouge, pas de jaune ni d'orange et peu de violet.

Le bleu Poirier laisse passer beaucoup de rouge, peu de jaune et d'orange, mais beaucoup de violet.

Le bleu solide, bleu 6 B, violet alcalin et violet de méthyle, violet de gentiane laissent passer uniformément tout le spectre.

La thionine a une raie dans le rouge, laisse passer peu de rouge et d'orange, un peu plus de vert.

Le bleu de méthylène a deux raies dans le rouge, laisse passer beaucoup de violet.

Le bleu de méthylène phéniquée laisse passer plus de rouge.

De toutes ces matières colorantes, c'était donc le bleu de méthylène qui se présentait le mieux. Nous avons cependant poussé nos recherches plus loin et, après avoir essayé le sulfate de cuivre et l'oxyde de cuivre ammoniacal, nous nous sommes arrêté au carbonate de cuivre préparé d'après la formule de Ost, 1895, dans laquelle le sodium est remplacé partout par le potassium. Cette dernière solution est diluée à la moitié de sa concentration. Elle est très claire, laisse passer presque toute la lumière utile et n'intercepte qu'une forte partie du rouge. La netteté de l'image est au moins aussi bonne qu'avec une solution de bleu de méthylène prenant plus du double de lumière.

Nous mettons cette solution dans une auge-filtre de 6 cm. de haut sur 20 cm. de large, dont les glaces vont en s'éloignant de gauche à droite. D'un côté, les glaces ne sont séparées que par une distance de 3 mm., tandis qu'à l'autre extrémité elles laissent entre elles un intervalle de 7 mm. Ce dispositif permet de varier insensiblement l'intensité et la qualité de la lumière. En faisant mouvoir l'auge devant le miroir, on arrive ainsi pour chaque détail qu'on veut étudier à obtenir en même temps le maximum d'intensité lumineuse et le maximum de définition.

Il nous a été possible avec ces instruments d'optique de prendre les dessins au prisme de Nachet (Zeiss), *en suivant tous les détails* au crayon à des grossissements (2 mm. × 12 et même 18) de 1500 et 2250 diamètres. Nous ne croyons pas qu'avec les instruments actuellement existant on puisse atteindre à une définition plus grande. D'ailleurs, d'après nos mesures, on arrive ainsi sensiblement aux limites théoriques de la visibilité (voyez Drude, p. 98, 1900).

PREMIÈRE PARTIE.

Cinèses somatiques dans les testicules des Tritons.

Chapitre I.

Les spermatogonies polymorphes de premier ordre ou cellules-mères primitives.

§ 1. *Définition de la cellule-mère primitive.*

Les cellules que nous allons décrire sont toujours très abondantes vers le commencement de la saison. Aux mois de décembre et de janvier, presque tout le testicule de triton est rempli de spermatozoïdes achevés. A son extrémité antérieure, on reconnaît à la loupe une petite plage grisâtre plus transparente. Nous pensons que cette plage correspond à cette partie du testicule de salamandre décrite par Hermann, 1889, et qu'il dit remplie par les « indifferente Keimzellen ».

Cette plage se trouve à cette époque occupée principalement par des spermatogonies polymorphes (contra vom Rath, 1893). Parmi celles-ci, les plus extérieures et antérieures sont des cellules-mères primitives ou spermatogonies en état de repos parfait. Ces cellules montrent une structure caractéristique qu'on ne retrouve dans aucune autre cellule testiculaire.

Meves, 1894-1897, semble n'avoir pas remarqué ces éléments ou du moins n'y avoir attaché aucune importance. Dans son travail sur les transformations de la sphère attractive, les noyaux figurés sont fixés d'une façon si violente que leur structure interne n'apparaît plus. Il est impossible dès lors de dire avec certitude quelles sortes de spermatogonies ont été étudiées par le savant de Kiel. Les figures de sa planche VII, 17 et 18 de sa planche VIII et beaucoup d'autres ne sont certainement pas prises sur des cellules-mères primitives. Quelques-unes de ces cellules sont des spermatogonies

polymorphes de second ordre et d'autres des spermatogonies à noyaux sphériques. Cependant, dans son travail de 1895, Meves dit que la nucléine se présente dans les noyaux polymorphes sous la forme de petits granules, mais il ne distingue pas entre les deux sortes de cellules polymorphes. Cette distinction est importante à notre avis, comme on le verra dans la suite de ce travail.

Rawitz, 1895, appelle du nom de « ruhende Zellen » des cellules qui appartiennent non aux spermatogonies de premier ordre, mais aux spermatogonies de second ordre, qui ne sont jamais à l'état de repos absolu. von Lenhossek, 1898, ne parle pas davantage des spermatogonies de premier ordre.

Parmi les auteurs les plus récents qui se sont occupés de la spermatogénèse des batraciens, nous trouvons Mc Gregor, 1899, et Eisen, 1900.

Le premier de ces auteurs ne distingue pas nettement entre les spermatogonies de tout premier ordre et celles qui ont déjà subi des divisions, mais dont les noyaux sont encore franchement polymorphes; il parle cependant de noyaux profondément divisés et qui se distinguent par leur faible coloration. Ces noyaux renferment un réseau de linine qui contient de petites masses de chromatine.

Eisen introduit une distinction entre le « large polymorphous spermatogonium » et le « polymorphous spermatogonium » tout court. Cette distinction a sa raison d'être et nous nous y rallions. Seulement, comme on le verra, nous n'interprétons pas les changements subis par ces cellules de la même façon que Eisen.

Les spermatogonies polymorphes de premier ordre ou cellules-mères primitives sont très souvent complétement entourées d'une enveloppe de cellules conjonctives ou cellules folliculaires de de la Valette St Georges, 1876. De ci de là, ces cellules, tout en restant entourées de cellules folliculaires, ne sont pas séparées par les noyaux de celles ci. On dirait alors que deux cellules se touchent, mais il est aisé à un grossissement adapté de dissiper cette illusion. Ces cellules sont toujours bien sphériques et absolument indépendantes. Jamais, nous n'avons vu deux de ces cellules accolées par une large partie de leur membrane.

Ce caractère va de pair avec une structure interne qui mérite de nous arrêter plus longtemps.

§ 2. *Noyau des cellules-mères à l'état de repos.*

Les *noyaux* de ces cellules sont extrêmement polymorphes comme Eisen le fait très bien remarquer.

Membrane.

Leur *membrane* est toujours bien nette (Mc Gregor), quoique le *nombre* considérable des retours et des plissements qu'elle subit rende parfois son observation difficile. La structure interne du noyau est assez malaisée à débrouiller et nous pensons qu'on n'y parviendra qu'en s'aidant des données fournies par l'étude des autres cellules testiculaires.

Nucléoles.

Nous trouvons tout d'abord dans ces noyaux un certain nombre de *nucléoles*. Ce qui frappe à première vue, ce sont les différences de taille et de coloration qu'ils présentent. On en trouve qui prennent intensément le noir de Heidenhain et parmi eux il y en a de toute taille, comme on peut le remarquer dans notre fig. **42**. Quelques-uns de ces nucléoles ont un aspect vacuoleux, d'autres ont une structure complétement uniforme. Il arrive que deux de ces nucléoles sont réunis par un pont. Nous pensons que les figures de ce genre indiquent que ces organites sont capables de se diviser et qu'ils ont été fixés au moment où cette division était presque achevée. Ce qui nous porte surtout à admettre cette manière de voir, c'est qu'on observe des aspects semblables sur le vivant, dans des cellules où ces nucléoles sont très apparents, et que, sur des objets fixés, on observe, à côté de figures analogues à celle qui est représentée dans notre fig. **43**, des nucléoles plus ou moins allongés et en forme de biscuit. Ne seraient-ce pas des nucléoles semblables que Eisen a vus dans les spermatogonies de *Batrachoseps* et auxquels il donne le nom de « chromoplastes »? Nous n'osons pas nous prononcer d'une façon absolue, parce que nous n'avons pas vu de coupes de cet animal. Ce qui nous porte cependant à croire que nos nucléoles sidérophiles allongés représentent les mêmes corps que Eisen a appelés « chromoplastes », c'est que ces nucléoles sont souvent vacuoleux. On y trouve alors des globules d'une réfringence toute spéciale. Nous sommes persuadé que ce sont de telles vacuoles qui sont désignées par Eisen sous le nom de » endochromatic granules «. Il se peut que ces vacuoles renferment une substance moins chromatophile et dans ce cas ces « granules » sont moins colorés que la substance fondamentale du nucléole.

C'est le cas pour le « chromoplast » de la figure schématique de la p. 53 de Eisen et c'est le cas aussi pour le nucléole de notre fig. **43**. Il se peut aussi que ces vacuoles soient remplies d'une substance plus sidérophile que la substance fondamentale et, dans ce cas, on verra dans les nucléoles des granules très colorés. Nous avons souvent vu des granules analogues et cela souvent dans des nucléoles de toute forme et de toute coloration. Les figures 1, 2 et 3 de Eisen donnent des images qui s'expliquent très bien de cette façon. Quant à sa figure 9, elle montre avec évidence, nous semble-t-il, qu'il s'agit ici de vacuoles. Il faut une attention toute particulière pour distinguer une vacuole, à réfringence par conséquent très faible, d'un granule à réfringence beaucoup plus forte que celle du milieu dans lequel il est plongé. Ceci est surtout le cas quand il s'agit d'un nucléole fort coloré. Quand ces nucléoles ont une teinte moins foncée, la chose devient plus facile à observer.

Quand les nucléoles ont perdu leur substance sidérophile, on trouve souvent les vacuoles plus foncées que la substance fondamentale. Les « linoplasts » de Eisen, fig. 1, 4 et surtout fig. 5, ne sont autre chose que des nucléoles peu, fig. 5, ou presque pas sidérophiles.

Nous n'admettons donc pas du tout pour le triton la distinction entre chromoplastes et linoplastes de Eisen.

Carnoy, 1884, p. 248, a décrit dans les cellules des *nucléoles plasmatiques* (nucléoles ordinaires) et des *nucléoles nucléiniens*. Ces termes ne peuvent pas trouver d'application ici. Les *nucléoles nucléiniens* sont, en effet, des nucléoles qui, dans certaines cellules (œufs des batraciens, p. e.), renferment *tout l'élément nucléinien véritable* du noyau. Ce fait a été démontré par les travaux de Carnoy et Lebrun, 1897 et suivants. Il ne peut s'agir de cela ici, car l'élément nucléinien des cellules-mères primitives est très apparent et bien distinct des nucléoles. Nous le décrivons plus loin.

Les nucléoles sont souvent entourés d'un espace clair. Ils nagent dans un liquide moins dense au milieu d'une vacuole du noyau. Les noyaux que nous décrivons en ce moment sont en effet souvent très vacuoleux.

Parmi les nucléoles sidérophiles, quelques-uns d'entre les moins volumineux se pressent contre la membrane nucléaire et cela souvent dans un coin d'un repli du noyau, *n*, fig. **42**. Ces nucléoles se pédiculisent de plus en plus, jusqu'à leur séparation complète du noyau, *n'*, et constituent alors les granules noirs du protoplasme, *n''*, analogues en tous points aux nucléoles sidérophiles du noyau. Il ne peut s'agir ici de replis du noyau se trouvant plus haut ou plus bas dans la coupe, car nous avons observé sou-

vent ces aspects à la périphérie du noyau aux endroits de son plus large diamètre.

Pour MEVES, 1895, cette sortie de « substance chromatique » du noyau ne se ferait que dans le pli interne de celui-ci. Il est vrai que dans les fig. 39, 40 et d'autres de son travail, on trouve des granules noirs dans ce repli, mais on ne voit nullement si ou comment ils dérivent du noyau, ni s'ils proviennent de la nucléine.

Outre les nucléoles sidérophiles, le noyau renferme aussi des *nucléoles plastiniens* ordinaires. Ces derniers ne prennent pas l'hématoxyline, mais se colorent d'une façon bien évidente à l'aide du rouge Congo. Ils ont en général des dimensions moindres que les nucléoles sidérophiles. Il y a cependant des exceptions remarquables à cette règle.

Nous croyons que les nucléoles plastiniens proviennent des nucléoles sidérophiles qui perdent leur nucléine ou leur matière chromatophile. On trouve, en effet, dans ces noyaux un grand nombre de nucléoles de teintes intermédiaires et qui ont en général les dimensions des *petits* nucléoles plastiniens en général.

Il est plus difficile de poursuivre ces nucléoles incolores lors de leur sortie du noyau. Cependant, des aspects comme ceux que l'on peut observer en *p*, FIG. **42**, se retrouvent fréquemment. De plus, les dimensions et la teinte des enclaves du protoplasme en disent long sur leur origine. Nous appelons surtout l'attention sur des granules protoplasmatiques, comme *p* et *p'*, FIG. **43**, dont la couleur et les dimensions sont absolument identiques à celles des nucléoles peu sidérophiles du noyau.

On peut dire qu'en général chaque diverticule ou cul-de-sac du noyau polymorphe possède un nucléole de plus grandes dimensions. Dans certaines cellules, comme c'est le cas pour celles que nous avons dessinées, FIG. **42** et **43**, ces grands nucléoles sont très sidérophiles. Dans d'autres, FIG. **62**, *A* et *B*, ces nucléoles sont beaucoup moins colorés, quoique la coloration générale de la préparation soit absolument normale Ils prennent dans ce cas sensiblement la teinte des nucléoles peu sidérophiles des autres cellules-mères.

Nous ne sommes pas parvenu à trouver de loi plus précise quant au nombre, à la position, à la teinte et aux dimensions des nucléoles des spermatogonies.

Élément nucléinien.

Outre ces nucléoles, on trouve dans ces cellules-mères primitives des granules noirs et beaucoup plus petits. Ces derniers n'ont pas cette forme bien sphérique des nucléoles. Ils sont au contraire généralement anguleux et peu réguliers. Ce sont les disques ou granules de Pfitzner. Ce sont encore, nous n'en doutons pas, les chromioles de Eisen (v. sa fig. 1 et explication des planches p. 100). On les trouve toujours disposés en files et le plus souvent reliés entre eux par un filament non chromatophile. Cet ensemble constitue l'*élément nucléinien* de Carnoy, 1884, avec ses granules de nucléine et son filament ou boyau de plastine. Nous ne voyons pas très bien en quoi l'exposé pourrait gagner en appelant ces objets d'autres noms plus récents et beaucoup moins exacts. Nous laissons donc là les dénominations de chromatine, de linine et de paralinine introduites par Schwarz, 1887, et contre l'usage desquelles des microchimistes des plus distingués, Detmer, 1890, Zimmermann, 1892, ainsi que Carnoy et Lebrun, 1897, p. 194 et suiv., s'élevaient dans ces dernières années avec toute l'autorité qui s'attache à leurs noms.

Les granules de nucléine des cellules-mères primitives sont souvent décomposables en un certain nombre de granules plus petits, parfois deux, parfois trois, rarement un plus grand nombre. Ce sont ces granules qui constituent les dernières parties organisées de l'élément nucléinien.

Carnoy et Lebrun ont appelé dernièrement l'attention sur ces granules, 1899, p. 377. Il y a donc une distinction bien nette à établir entre les granules de Pfitzner et les granules élémentaires dont nous parlons ici. C'est à ces granules élémentaires que Eisen, 1900, a voulu attacher le nom de « chromioles » et ce nom peut être adopté. Cependant, cet auteur croit que dans les cellules dont nous parlons en ce moment, chaque granule de l'élément nucléinien n'est formé que d'un seul chromiole. Nous ne partageons pas sa manière de voir. Nous pensons que les granules en question ici sont encore complexes. Cela se voit très clairement à l'aide des méthodes optiques que nous avons employées.

Caryoplasme.

Le *caryoplasme* est peu abondant dans le noyau des cellules-mères primitives. Sa structure est assez lâche. Il se montre à certains endroits sous la forme d'un réseau à très larges mailles et à trabécules ou filaments très granuleux.

§ 3. *Protoplasme des cellules-mères primitives.*

Il nous reste à parler du protoplasme de ces cellules.

Ce protoplasme est peu abondant. Sa structure est réticulée. Dans les mailles du réseau, comme nous le savons déjà, on trouve beaucoup d'enclaves plus ou moins colorées. Certaines de ces enclaves sont relativement volumineuses. Dans ce cas, elles sont toujours peu colorées et peuvent prendre des figures très différentes. Outre la forme sphérique, nous leur avons parfois vu une forme plus ou moins allongée qui, parfois, se transformait jusqu'à donner des haltères, FIG. **43**, *e*. MEVES, 1895, semble avoir vu aussi ces corps dans les testicules de salamandre, fig. 23, 25, 45. Il croit que ce sont ces productions que VOM RATH considère comme les sphères de ces cellules.

Nous pensons, comme MEVES, que les figures de VOM RATH sont ici, comme ailleurs, très schématisées et nous croyons que ces corps sont des enclaves albuminoïdes sans autre importance.

Sphères.

Ce qui est bien plus intéressant, c'est qu'il est absolument impossible de trouver la moindre apparence de centrosome ou de sphères (idiosome) dans ces cellules.

MC GREGOR, 1899, p. 67, dit qu'il lui a été impossible de trouver dans ces cellules des centrosphères. Nous sommes persuadé qu'il n'y en a pas. Qu'on nous permette de citer aussi le témoignage de THOS. H. MONTGOMERY jr., 1900. Quoiqu'il ne s'agisse pas dans son travail de batraciens, il est intéressant de constater que cet auteur n'est pas parvenu non plus à trouver la moindre trace de centrosome ou de sphère dans les spermatogonies à l'état de repos (p. 288).

Quant aux anneaux et aux sphères décrits par MEVES, 1895, et VOM RATH, 1894, nous en parlerons lorsqu'il s'agira des spermatogonies polymorphes de second ordre.

Dans certaines de ces cellules, on trouve parfois des granules géminés plus ou moins réunis par une substance plus claire. Dans ce cas, il nous a été toujours possible de trouver deux, trois ou un plus grand nombre d'autres groupes absolument analogues. Nous avons dessiné, FIG. **62**, *A* et *B*, une cellule où, en dehors des granules séparés, assez rares en somme, nous n'avons pas trouvé moins de douze de ces couples. Ce fait nous semble de la plus haute importance. Ce qui ajoute à l'intérêt de cette observation, c'est

que *chacun* de ces groupes représente à s'y tromper le groupe » centrosomique « qu'on trouve dans les sphères de certaines spermatogonies, polymorphes et autres. Dans la FIG. 62, *A*, un de ces groupes géminés, *c*, qu'on trouve dans le protoplasme est en relation avec des granules nucléaires. Nous n'avons pas assez de données de ce genre pour oser affirmer que tous ces groupes ont une origine nucléaire; mais cette hypothèse n'est pas dénuée de fondement. Nous savons, en effet, que beaucoup de granules protoplasmatiques doivent leur origine au noyau. D'autre part, beaucoup d'auteurs admettent que les noyaux polymorphes en général sont le siège d'échanges actifs avec le protoplasme. Nous avons des raisons sérieuses, que nous comptons bientôt exposer au long dans un travail spécial, pour admettre que le noyau, principalement le noyau polymorphe, cède de nombreux produits liquides et solides au protoplasme cellulaire. Il ne serait donc pas étonnant du tout que les granules géminés qu'on trouve parfois très abondamment dans le protoplasme des spermatogonies de premier ordre eussent une origine nucléaire. Cette opinion concorderait avec cette remarque de NICOLAS, 1892, qui dit, dans une note de la p. 292, que près des noyaux polymorphes du testicule de la salamandre »on observe des grains chromatiques issus manifestement du noyau«. Nous tenons à faire remarquer que *bien de ces cellules manquent absolument non seulement de sphère, mais de quoi que ce soit qui puisse porter le nom de centrosome ou centriole, soit simple, soit double.* Ces observations ont d'ailleurs été faites, nous tenons à le répéter, sur des préparations admirablement fixées par la liqueur d'HERMANN, et qui montrent beaucoup de sphères et de » centrosomes « dans d'*autres* cellules.

§ 4. *Division des cellules-mères.*

Les cellules-mères sont-elles destinées à subir la division acinétique ou vont-elles se diviser par cinèse?

Cette question se rattache à la question de savoir si ces cellules doivent être considérées comme des formes de *dégénérescence* ou bien, au contraire, comme des cellules très actives.

Dégénérescence.

BELLONCI, 1886, a le premier émis l'opinion que les spermatogonies à noyaux polymorphes des batraciens doivent être considérées comme des éléments en voie de dégénérescence. Il les appelle des cellules affamées.

Cette opinion a été combattue par Hermann, 1889. Plus tard, 1893, vom Rath s'est fait le défenseur des idées de Bellonci. Meves, 1895, a fait de ce dernier travail une critique très judicieuse. Nous pensons comme lui que les cellules polymorphes ne sont pas du tout vouées à la mort; nous admettons avec Hermann que le nom de cellules affamées ne leur convient pas du tout. Ces cellules sont au contraire dans une période de nutrition très active et d'agrandissement.

Ces cellules sont, de toutes parts ou presque de toutes parts, entourées de tissu conjonctif. Les sucs nutritifs apportés par les nombreux capillaires qui traversent le testicule, surtout au niveau des spermatogonies, peuvent parvenir très facilement jusqu'à elles. Le protoplasme augmente beaucoup de volume et se charge de liquides nourriciers. Le noyau grandit. Il augmente sa surface d'absorption et, après s'être gorgé des liquides que le protoplasme peut lui céder, il restitue à celui-ci la matière sous la forme de nucléoles plastiniens ou parfois de nucléoles dont les réactions de coloration révèlent l'existence de nucléoalbumines. Nous avons vu comment ces nucléoles quittent le noyau pour se porter dans le protoplasme. C'est par ce procédé de nutrition très active que ces cellules se préparent aux nombreuses divisions qui vont donner naissance à toutes les cellules comprises dans un même cyste. Nous nous trouvons donc en présence de cellules qui se distinguent surtout par leur grandeur et des caractères non équivoques de phénomènes de métabolisme et nous sommes en droit de dire qu'il ne peut être question ici de cellules en voie de dégénérescence.

Il y a dans le testicule de triton des cellules qui subissent la dégénérescence complète. Hermann, 1889, en parle longuement et en donne de bonnes représentations dans ses fig. 48 à 54. Meves revient sur le même sujet et les études de ces deux savants nous dispensent d'en parler longuement. Ces cellules ont des noyaux sphériques qui sont très brillants et réfringents sur le vivant. Après fixation, on les voit remplis de deux sortes de granulations. Les unes sont colorées en noir. Les autres sont rouges et sont d'ordinaire plus petites et plus nombreuses.

Ce phénomène se présente d'ailleurs à toute époque de l'année et souvent des cystes entiers sont attaqués.

Division.

de la Valette St Georges, 1875, et après lui, Nussbaum, 1890, vom Rath, 1893, et d'autres ont prétendu que les noyaux en forme de « raisins

ou de mûres» se divisent par division acinétique. Flemming, 1882, et après lui un grand nombre d'auteurs se sont opposés à cette manière de voir. Avec Meves, nous pensons qu'il est impossible de dire d'une façon absolue que jamais aucune cellule à noyau polymorphe ne se divise acinétiquement.

Noyau.

On voit au contraire bien souvent que divers lobes des noyaux ne se tiennent que par des pédicules extrêmement fins. Meves prétend même avoir vu des cellules multinucléées parmi les cellules polymorphes.

Nous nous demandons cependant si, dans ces cas, ces pédicules très fins ne pourraient pas continuer à réunir les divers lobes des noyaux, comme cela a été signalé dans les noyaux ramifiés des glandes salivaires des insectes. D'ailleurs, on connaît fort mal jusqu'à présent la division acinétique et ses divers stades.

Aussi pensons-nous avec Hermann, 1893, et Meves, 1895, que le procédé de division normal des spermatogonies polymorphes est la cinèse. A côté de cellules-mères absolument typiques, nous avons vu des cellules ayant le même aspect général qu'elles, ne possédant pas non plus de trace de sphère et qui étaient à un stade voisin du stade peloton.

Les granules de l'élément nucléinien deviennent moins visibles, parce que la gaîne de plastine se remplit complétement de substance sidérophile. Il arrive de cette manière, fig. **44**, que sur une étendue assez considérable de l'élément nucléinien il existe un filament uniformément noir. Souvent, ce filament est recourbé ou bien dans le plan de la coupe, et dans ce cas il est facile de le poursuivre sur toute sa longueur, ou bien plus ou moins perpendiculairement à ce plan. Dans cette dernière position, le filament peut être coupé deux fois par le plan de vision nette et par conséquent se présenter à nous sous la forme de deux granules. Mais si on fait jouer la vis micrométrique, on voit parfois que ces deux granules sont réunis par un filament aussi gros qu'eux-mêmes. Ces cellules restent polymorphes à ce stade.

A côté d'elles, nous trouvons d'autres cellules entourées de toutes parts de cellules folliculaires et qui sont au stade peloton, fig. **63**. Le filament du peloton se présente dans ces cellules avec des caractères qu'on ne retrouve pas dans les autres spermatogonies. Il est beaucoup plus grêle et très granuleux.

Ces figures sont assez rares et cela s'explique. Il n'y a, en effet, chaque année qu'un certain nombre assez limité de ces cellules qui se mettent en mouvement pour donner naissance par divisions successives à toute la masse des spermatogonies de la saison.

Une fois le stade peloton passé, il n'y a plus moyen de poursuivre ces cellules. L'aspect bosselé du noyau s'est perdu complétement et nous nous trouvons en présence d'un peloton ordinaire. Il n'y a pas de raisons d'ailleurs pour croire que la figure qui se formera aura des caractères distincts de ceux de toutes les autres spermatogonies.

Figure fusoriale.

Il serait très intéressant cependant de pouvoir poursuivre la formation de ces figures et cela principalement pour savoir quelles seront les modifications subies par le protoplasme de ces cellules.

Nous avons déjà dit en effet à propos de ces cellules-mères que leur protoplasme ne renferme rien qui ressemble à ce qui a été décrit par les auteurs sous le nom de « sphère. » Nous avons vu que leurs enclaves plus ou moins nombreuses et plus ou moins développées n'ont rien de commun avec une sphère. Nous sommes en cela d'accord avec Meves, 1895 et 97, et Mc Gregor, 1899. Montgomery, 1900, arrive à la même conclusion pour le *Peripatus*. Quant à Nicolas, 1892, il dit qu'il existe parfois dans les noyaux polymorphes des corpuscules dont il ne connaît pas la nature. L'auteur avoue ne pas savoir si ce sont des sphères attractives. Disons en passant que des remarques de ce genre prouvent bien que la sphère n'est pas un corps à caractères bien définis.

Nous pensons, comme Meves, que ces corps ont été pris abusivement pour des sphères attractives par vom Rath, 1893, et nous sommes persuadé que Eisen, 1899, verse dans la même erreur. Les corpuscules qui se trouvent dans ses figures 3 et 5 n'ont rien de commun avec ce que l'on a décrit sous le nom de « sphère » dans les urodèles.

Très souvent dans les cellules-mères, il n'y a rien qui puisse faire croire à la présence d'un archoplasme, d'une sphère attractive ou d'une autre formation, par exemple d'un corpuscule entouré des rayons organiques de Heidenhain, 1894, ou de Drüner, 1895.

La figure fusoriale qui va s'y produire ne peut donc pas se former sous l'influence ni aux dépens d'un centrosome quelconque.

Nous croyons que dans ce cas *les deux asters prennent naissance librement dans le protoplasme indifférent*, par simple orientation des trabécules du protoplasme, comme cela était déjà admis par Carnoy en 1884 et comme cela est admis encore actuellemeut par presque tous les botanistes, au moins dans les plantes supérieures.

Ou peut se demander sous quelle influence les asters peuvent se former dans ces cas. Cette question a un intérêt considérable et elle se trouve à la base de toute la question de la figure fusoriale.

Dans ces derniers temps, des essais expérimentaux ont été faits par R. Hertwig, 1895 et 96, Morgan, 1896 et 99, Mead, 1898, et Wilson, 1901, sur les œufs des échinodermes et d'autres animaux inférieurs.

Ces essais jettent une lumière inattendue sur la question centrosomique. Les auteurs cités ont produit artificiellement des centrosomes dans les œufs en les mettant dans des conditions chimiques spéciales et ils ont produit de cette manière de véritables figures de division avec des *centrosomes de nouvelle formation* (Hertwig et Wilson). Les asters se forment dans ces cas *par régularisation du réseau protoplasmatique*, comme cela se voit surtout admirablement dans les figures de Morgan (1).

Il est patent que les centrosomes ne sont rien autre chose ici que les points où se réunissent les rayons de l'aster.

D'après le travail de Wilson, 1901, paru au commencement de cette année dans « Science », il se produit de cette manière des centrosomes dans des œufs *non fécondés* de *Toxopneustes*. Ceux-ci ne peuvent donc pas devoir leur origine aux spermatozoïdes. Ils servent cependant au même titre que les centrosomes ordinaires aux divisions de segmentation.

Ces faits sont en contradiction avec les idées de Boveri, auxquelles les conclusions tirées trop hâtivement par Delage, 1898 et 99, 1 et 2, de ses belles expériences de mérogonie avaient donné un intérêt d'actualité. De plus, ces centrosomes se produisent même dans des œufs dépourvus de noyaux. Ce dernier fait achève de prouver que le centrosome peut être formé par une simple différentiation du réticulum protoplasmatique.

Wilson dit que ces faits ne semblent pas laisser de doute sur la formation *de novo* de centrosomes fonctionnels et cela indépendamment du noyau.

---

(1) Remarquons ici la ressemblance frappante qu'il y a entre les figures de cet auteur et celles des œufs d'*Ascaris* reproduites dans le premier mémoire de Carnoy, 1885.

Wilson, 1900, appelle aussi l'attention sur cette ressemblance remarquable.

Dans les cas dont nous venons de parler, la différentiation qui donne naissance à ces figures se produit sous l'influence d'un corps chimique. Dans les conditions ordinaires, elle se produit peut-être aussi sous l'influence d'une cause analogue. Carnoy et Lebrun, 1897, ont démontré que chez l'*Ascaris* l'aster se forme autour d'un nucléole sorti du noyau. Ils considèrent ce nucléole comme un centrosome et expriment l'idée que c'est sous l'influence des nucléoalbumines contenues dans ce nucléole et qui se dissolvent graduellement dans le protoplasme de l'œuf que se forment l'aster et le fuseau.

Est-ce sous l'influence d'un agent de cette nature, c'est-à-dire de nature chimique, sous l'influence d'une sorte de diastase, qui se formerait dans la cellule, que la figure fusoriale prend ici naissance? Nous nous contentons de poser la question.

Nous avons vu que parfois, fig. **62**, *A* et *B*, on trouve dans le protoplasme des cellules-mères un certain nombre de granules jumeaux qui, quant à leurs dimensions et leur aspect général, font songer aux » centrosomes « qu'on trouve dans la » sphère « des spermatogonies ordinaires.

Ces cellules donneront-elles des figures multipolaires? Nicolas, 1892, dit en effet avoir vu de telles figures dans les spermatogonies. Mais il ne distingue en aucune façon entre les spermatogonies de tout premier ordre et les autres. De plus, nous savons ce qu'il faut penser des sphères multiples, auxquelles il fait allusion. Paulmier, 1899, donne aussi une figure (sa fig. 1) pluripolaire dans une cellule semblable de l'*Anasa tristis*. Nous n'avons pas, jusqu'à présent, un seul exemple de telles figures dans les salamandres et les tritons. Il est probable, cependant, qu'il y en a de ci et de là, mais *il est certain* qu'elles sont *très* rares. D'autre part, les cellules à multiples granules géminés ne sont *pas très rares*, et de plus, le nombre de ces granules dépasse de beaucoup le nombre des pôles des figures multipolaires ordinaires. Nous ne croyons donc pas que ces granules puissent être considérés comme des centrosomes de figures multipolaires *à venir*.

Il est possible que, lors de la formation des asters, ceux-ci apparaissent de préférence autour de certains de ces granules sidérophiles; qu'au moment où, pour une cause inconnue, probablement de nature chimique, un aster devra se former, la modification protoplasmatique partira de préférence de ce point comme d'un point d'attache. Peut-être qu'on pourra trouver plus tard quelque analogie entre une telle formation et la formation

artificielle d'un des asters par » Fremdstrahlung « décrits par FISCHER, 1900. Pour le moment, nous voyons de graves objections à une telle identification. En effet, tant dans les asters naturels, comme nous le verrons encore au cours de ce travail, que dans les asters artificiels (MORGAN, 1899), les filaments de l'aster sont en continuité avec le réseau protoplasmatique. Ce fait indique, comme nous l'avons déjà dit, que l'aster n'est pas un corps étranger au protoplasme cellulaire, un morceau de l'archoplasme, si l'on veut, mais bien du protoplasme ordinaire plus ou moins modifié par l'activité cellulaire. D'ailleurs, il nous paraît qu'il est très hasardeux d'identifier, comme FISCHER le fait, ce qui se passe lors de la fixation d'une cellule vivante avec ce qui se produit lors de la coagulation d'une solution d'albumine. Si le protoplasme n'est qu'une solution d'albumine, pourquoi la fixation de tout protoplasme ne produit-elle pas toujours des asters et des fuseaux? Il y a dans les cellules suffisamment de points d'attache pour permettre de telles productions.

APPENDICE.

Considérations générales sur la nature des corpuscules centraux dans le testicule de triton.

Nous aurons dans ce travail à revenir souvent sur la figure fusoriale dans les cinèses testiculaires. Afin d'éviter toute équivoque, nous désirons, en peu de mots, exposer quelle est notre manière de voir sur la nature des « centrosomes » et quels sont les arguments principaux que nous avons pour soutenir notre opinion. Le lecteur pourra voir par la suite du mémoire que cette conception ressort nettement des faits observés.

« Lors des *premières* divisions primitives, les asters se forment *librement* dans le protoplasme. A l'endroit où les divers rayons des asters se » rencontrent, il se produit un entassement de matière protoplasmique et, » si les diverses trabécules se soudent, il se forme là un nœud qui aura une » masse proportionnée au nombre des rayons de l'aster qui s'y rencontrent.

« Ce nœud sera donc plus grand que les autres nœuds du réseau et » aura une certaine tendance *à se maintenir*. A cause de cette persistance, » il n'est pas inutile de lui réserver un nom spécial. Cependant, comme le » nom de centrosome inclut l'idée d'un corps individuel et pour ainsi dire » indépendant du protoplasme, nous préférons le nom de *corpuscule central* » qui indique ce qu'il est et qui ne préjuge rien quant à sa nature anato- » mique et physiologique. »

Quant à la *nature anatomique des nœuds* qui se trouvent à l'entrecroisement des trabécules du protoplasme, en particulier du corpuscule central, nous désirons ajouter un mot. Nous ne sommes pas éloigné d'admettre qu'ils sont simplement constitués par une précipitation, nous allions dire une cristallisation, de substances albuminoïdes. Que cette précipitation puisse se faire sur le vivant, nous pouvons le croire, mais nous pensons qu'en général elle est produite par les agents fixateurs. Les raisons que nous avons pour nous prononcer dans ce sens seront exposées au cours de la description des figures fusoriales. Indiquons-les brièvement.

1° *Il est rare que le corpuscule central soit parfaitement rond.* Presque toujours, lorsque l'aster est bien formé, il se présente comme une masse d'empâtement. Il est triangulaire, quadrangulaire, en forme de fer de lance, dont les pointes se prolongent entre les rayons de l'aster, en forme d'étoile à deux ou plusieurs branches, etc. Nous insisterons sur ces détails dans la description des figures.

2° *Très souvent, plusieurs rayons des asters n'aboutissent pas exactement au corpuscule central.* D'aucuns se réunissent entre eux avant d'y arriver, d'autres vont au delà.

Bolles Lee, 1897, fait déjà la même remarque au sujet des corpuscules centraux de l'*Helix*.

3° *Plus la fixation est parfaite, moins les corpuscules centraux apparaissent.* Dans les objets fixés imparfaitement par le sublimé, les corpuscules sont relativement très grands.

Dans les objets fixés aux solutions de Flemming ou de Hermann, ces mêmes corpuscules sont d'autant plus apparents que la fixation se montre moins parfaite à d'autres points de vue. Enfin, sur les préparations bien fixées (1), les corpuscules diminuent de volume au fur et à mesure qu'on se rapproche des bords de la coupe. Aux environs des bords, là où les figures sont le mieux conservées, les corpuscules apparaissent à peine et parfois même ne se voient pas du tout. Ce point nous paraît d'une grande importance dans l'étude de la question du corpuscule central. Si l'on ajoute à cela que, sur le vivant, on ne voit rien qui puisse faire songer à un corpuscule central, il nous semble que son origine se laisse pour ainsi dire toucher.

4° Nous ajoutons à ces considérations *l'existence bien démontrée de fuseaux à plusieurs centrioles.* Nous avons eu des exemples nombreux de

(1) Voyez nos remarques dans les méthodes.

telles productions et nous en figurons. D'ailleurs, nous ne sommes pas le premier à les signaler : Strassburger, 1880, et Carnoy, 1885, avaient déjà montré de tels fuseaux.

Les microcentres de Heidenhain, 1894, en constituent des exemples très remarquables. Bolles Lee, 1897, insiste sur leur fréquence dans l'*Helix*. Nous en retrouvons dans le mémoire de Eisen, 1899, fig. 46. Nous ne nous étonnons pas trop de ne pas trouver plus de reproductions de telles figures. Quand on a l'esprit préoccupé par une théorie, on attribue facilement à un défaut de fixation tout ce qui ne cadre pas avec le prétendu principe général. Nous trouvons un exemple lamentable de cette manière de *faire de la science d'observation à priori* dans le dernier travail de Boveri, 1901. Il s'y trouve dit à plusieurs reprises que ces figures, comme toutes celles qui montrent un grand nombre de centrosomes, doivent être considérées comme mal fixées. Boveri ne dit d'ailleurs nulle part à quoi il reconnaît qu'une cellule est bien ou mal fixée. Il est facile d'éloigner de cette façon ce qui gène une théorie, mais nous nous demandons si c'est le moyen d'arriver à trouver *la vérité* dans cette question si controversée du centrosome.

Quand une division est achevée, il n'est pas étonnant qu'il reste dans le protoplasme une trace plus ou moins durable de la profonde modification qu'il a subie à l'endroit de confluence de tous les rayons de l'aster ou même à d'autres endroits. Le corpuscule central ne va par conséquent pas se dégrader immédiatement. Dans les testicules, d'ailleurs, comme dans les embryons, les divisions cellulaires se suivent de si près que l'on peut dire que jamais une de leurs cellules ne rentre complétement à l'état de repos.

A notre avis, l'aster ne se défait pas complétement dans les spermatogonies *en voie de multiplication rapide*. Il y reste sous la forme d'un centre *temporaire* d'activité entouré de cette partie du protoplasme qui a joué un rôle dans la division qui vient de se terminer.

Tant que cette partie de la cellule reste en mouvement, c'est-à-dire *tant que les divisions se suivent sans interruption* dans la cellule, *les corpuscules centraux persistent*. Mais, qu'on nous comprenne bien, ils ne persistent, en somme, que pendant un temps relativement peu considérable.

Ni dans leur origine donc, ni dans leur destinée, nous ne pouvons considérer les corpuscules centraux et le protoplasme qui les entoure immédiatement comme un organe permanent et individuel de la cellule. C'est un élément de la figure de division qui apparaît et disparaît avec elle, ou peu après elle.

Nous sommes heureux de trouver dans la littérature un auteur de mérite qui est arrivé à des conclusions très semblables aux nôtres. S. Watasé, 1893, pense que le centrosome, au lieu d'être un organe unique dans la cellule, est au contraire absolument semblable à beaucoup d'autres corps qu'on y trouve. C'est d'après lui un simple microsome analogue à ceux qui existent partout dans le protoplasme, analogue à ceux qui constituent la plaque cellulaire. D'après lui, le microsome, analogue à ceux de Heidenhain, 1894, est un épaississement du filament protoplasmatique qui peut apparaître et disparaître. A l'endroit de rencontre des rayons de l'aster, il apparaît un microsome résultant de l'ensemble de tous ceux qu'y forment les divers rayons de l'aster. Il persiste et sert de centre pour la formation d'un nouvel aster.

Les idées émises par Reinke, 1894, au sujet de la nature du centrosome sont aussi très intéressantes. Cet auteur ne considère pas ces productions comme des organes permanents de la cellule. Nous en parlerons à propos de la formation de la figure fusoriale dans les spermatogonies de second ordre.

Chapitre II.

Spermatogonies de second ordre.

Définition.

Ces spermatogonies se trouvent en abondance pendant toute l'année. D'ordinaire, on les rencontre au bout antérieur du testicule. Quand les cellules testiculaires se réduisent à une plage, ces cellules se trouvent parmi les plus extérieures et antérieures de cette plage. C'est par ce côté, d'ailleurs, que le testicule s'accroît lors de la prolifération de cette plage cellulaire.

Nous comprenons sous le nom de spermatogonies de second ordre toutes les spermatogonies autres que les cellules-mères primitives dont nous venons de parler. Toutes ces spermatogonies sont en mouvement de division plus ou moins rapide. Nous ne pensons pas qu'une d'entre elles puisse être qualifiée de cellule à l'état de repos. Nous n'admettons donc pas que les cellules étudiées par Rawitz, 1895, et qui sont des spermatogonies à noyaux sphériques, puissent être considérées comme des » cellules à l'état de repos «. Il y a cependant des distinctions à établir entre les diverses cel-

lules qui constituent ce grand groupe. Pour la facilité de l'exposition, nous y considérerons trois sous-divisions réunissant des cellules qui ont des analogies très grandes.

A. Caractères distinctifs des diverses spermatogonies de second ordre.

Nous trouvons d'abord les *spermatogonies à noyaux polymorphes*, puis les *spermatogonies à noyaux en fer à cheval*, et enfin les *petites spermatogonies* qui ont des *noyaux sphériques*. Toutes ces spermatogonies ont certains caractères communs. D'ailleurs, on ne peut pas établir de barrières bien nettes entre ces diverses classes de cellules.

Nous dirons en premier lieu quels sont les caractères distinctifs entre ces diverses cellules, puis nous étudierons leurs caractères communs.

§ 1. *Spermatogonies à noyau polymorphe.*

Les spermatogonies à noyau polymorphe se distinguent de toutes les autres spermatogonies secondaires par ce fait qu'elles sont d'ordinaire entourées presque complétement par des cellules folliculaires. Elles se trouvent le plus souvent à deux, très rarement en plus grand nombre dans un même cyste. Ce voisinage de cellules conjonctives, joint aux particularités de structure communes à toutes les spermatogonies de second ordre, caractérise parfaitement cette classe de cellules testiculaires.

Ce qui frappe surtout dans ces cellules, c'est la forme du *noyau*. Celui-ci présente un certain nombre de lobes, parfois cylindriques, d'autres fois sphériques, qui sont plus indépendants que dans les cellules-mères primitives. Ce sont comme autant de noyaux plus petits, qui ne se tiennent que par leurs points tangents, FIG. **45**. Parfois, ces lobes sont assez distants l'un de l'autre. Dans ce cas, nous les voyons réunis par des pédicules parfois très fins, quelquefois relativement allongés, FIG. **45**, à droite. Nous n'avons constaté aucun cas de cellules nettement polynucléées. Chaque fois que dans une coupe nous avons vu une cellule paraissant contenir plusieurs noyaux, l'examen des coupes précédentes ou suivantes a ou bien enlevé tout doute ou au moins rendu improbable l'existence d'une telle structure. Nous ne voulons cependant pas dire qu'il n'y a pas de spermatogonies multinucléées dans les testicules de triton, mais nous disons que nous n'en avons pas vu parmi les innombrables spermatogonies qui nous sont passées

sous les yeux pendant ces quatres dernières années. Il est possible qu'il se produise dans les tritons des divisions qui ont pour résultat de mettre à un certain moment un grand nombre, jusqu'à vingt même, de petits noyaux en présence dans une même cellule. Flemming, 1887, et Meves, 1895, ont signalé ces cas dans la salamandre. Nous n'avons pas été aussi heureux qu'eux et, dans les nombreuses préparations que cette espèce nous a fournies, nous n'avons pas vu davantage de véritables cellules multinucléées.

Remarquons ici en passant que certaines spermatogonies à noyaux sphériques de la salamandre sont de toutes parts entourées de cellules folliculaires et correspondent par conséquent aux cellules des tritons dont il est question ici.

Nous avons retrouvé, par contre, dans les tritons des exemples mulliples de noyaux annulaires. Ces noyaux ont été décrits d'une façon très complète par Meves, 1893 et 1897. Nous en trouvons des exemples dans la fig. **62**.

Protoplasme.

Quant au *protoplasme*, les cellules à noyaux polymorphes conservent pendant la première et peut-être la seconde génération quelques analogies avec les cellules-mères primitives. Ces analogies se montrent surtout dans la présence et la forme des enclaves ou, si on le veut, des granules de vitelline que l'on y rencontre.

Granules du protoplasme.

Considérons la fig. **45** : nous y voyons des granules qui ont absolument le même aspect que ceux qu'on trouve dans les cellules-mères, fig. **42**. Nous leur attribuons la même origine. Bien souvent, en effet, on voit certains de ces granules encore à moitié engagés dans le noyau, fig. **45**, *n*, et ayant déjà absolument l'aspect des granules du protoplasme.

Au fur et à mesure que ces cellules se développent ou qu'elles subissent de nouvelles divisions, ces granules disparaissent. Ce phénomène est très intéressant à poursuivre. Il prouve, en effet, que ces granules ont bien été rejetés dans le protoplasme pour nourrir ce dernier. Considérons dans la fig. **45** l'endroit désigné par les lettres *vp*. La coloration relativement intense de cet endroit montre qu'il s'y trouve une de ces plaques de vitelline dont il est question ici. Mais si on y regarde de près, on voit que cette plaque se résoud en une infinité de petits filaments réunis en un réseau. Ce

phénomène se poursuit avec plus d'intensité encore vers le milieu de la cellule entre les diverticules du noyau. Si l'on porte à présent son attention sur la cellule représentée par la FIG. **64**, on voit à un faible grossissement un protoplasme très riche mais présentant à certains endroits des plaques plus colorées. On dirait une cellule chargée d'enclaves. Mais si l'on fait usage des meilleurs instruments d'optique (ouv. num. 1,4 et oc. 18), le tableau change. On peut, en effet, résoudre alors les plaques en question en un feutrage extrêmement délicat. Nous ne conservons donc aucun doute au sujet de l'histoire des substances de réserve déposées dans les cellules-mères primitives. Ces substances prennent leur origine dans le noyau et sont probablement les produits de la division par étranglement des nucléoles du noyau. Elles sortent ensuite du noyau en passant par la membrane nucléaire. Nous avons des raisons pour croire que cette sortie se fait par une sorte de bourgeonnement et de pédiculation, FIG. **42**, p, n, n', n'', n'''. Les granules restent comme tels dans le protoplasme pendant le repos de la cellule. Une fois que la cellule commence à se diviser, les granules sont employés graduellement à former le protoplasme nécessaire aux diverses cellules qui proviennent d'une même cellule-mère primitive.

Nous ne sommes pas le premier à avoir observé ces granulations du protoplasme. Plusieurs auteurs, entre autres VOM RATH, 1893, et MEVES, 1895, les ont remarquées avant nous, mais leur signification n'a pas, croyons-nous, été mise en lumière comme nous venons de le faire.

Opinion des auteurs.

Il y a plus. Bien des auteurs ont méconnu complétement cette signification. Il n'y a guère que NICOLAS, 1892, 2, qui a, à propos de ces granules, cette simple phrase : » Je pense que cette substance constitue tout simplement des matériaux nutritifs de réserve qui sont employés ultérieurement «. Dans son travail de 1895, MEVES dit que le noyau cède au protoplasme de nombreux granules et il représente à maintes reprises, tant sur les membranes des noyaux polymorphes que sur celles des noyaux sphériques, des granules noirs, qu'il dit être de la chromatine (voyez ses fig. 49, 50, 51). Malgré cela, quand il s'agit de donner l'explication des fig. 24, 26, 39, 43, où ces granules se trouvent à une certaine distance du noyau, l'auteur trouve une explication toute différente. Ces granules sont le produit de la fragmentation de la sphère.

Discussion.

Nous avons vu de tels anneaux et nous sommes persuadé qu'ils sont formés d'enclaves. Quand les préparations n'ont pas été soigneusement lavées à l'eau oxygénée, ces granules constituent autour du noyau un anneau de substance plus ou moins colorée. On dirait qu'il s'agit là d'un corps plus ou moins individuel, qui doit avoir son rôle à jouer dans la vie de la cellule.

Comme on le voit, l'individualité de ce corps est pour le moins hypothétique.

Que ces anneaux prennent une coloration spéciale sous l'influence de l'acide osmique, il n'y a là rien qui doive nous étonner. En effet, les granules de vitelline sont normalement imprégnés de lécithine ou de lécithalbumine. Ce corps gras réduit plus ou moins bien l'acide osmique qui se fixe sur lui. D'ailleurs, on trouve souvent une sphère très bien formée dans des cellules polymorphes, quoi qu'en dise Meves, 1895, p. 127, en même temps qu'un anneau plus ou moins complet de granules grands et petits.

Nous pouvons très bien admettre avec le savant de Kiel que la sphère peut se fragmenter et se détruire complétement. Nous admettons même qu'il en est normalement ainsi pour les cellules qui restent à l'état de repos, ce qui a surtout lieu en hiver (Meves); mais nous croyons que nous sommes ici en présence de formations qui n'ont rien à voir avec ces phénomènes.

Essais microchimiques.

Dans l'intention d'élucider plus parfaitement cette question, nous avons fait sur les cellules polymorphes, cellules-mères primitives et spermatogonies de premier ordre, quelques essais de microchimie, qui ont mené à des résultats qui méritent d'être mentionnés ici.

Quand on traite des testicules ou des fragments de ceux-ci immédiatement sur porte-objet par les réactifs microchimiques, on ne tarde pas de s'apercevoir qu'il est impossible d'arriver par cette méthode à des résultats quelque peu sérieux. Quelque soin qu'on prenne pour enlever avec un rasoir sur le vivant les seules cellules qui peuvent intéresser, les coupes que l'on peut ainsi pratiquer entraînent toujours une quantité d'autres cellules et même des spermatozoïdes achevés. Quand on dilacère ensuite l'objet avec le plus grand soin et au microscope à dissection (grossissement de 150 avec un prisme de Porro), de manière à isoler les cellules qu'on veut considérer, l'observation reste toujours bien imparfaite. Dans ces cas, en effet, on a sous l'objectif une cellule entière et il est impossible de dire avec certitude

à quelle partie de cette cellule appartiennent les granules ou autres objets colorés que l'on y observe.

Nous avons donc abandonné ce système pour faire des essais de coupes au microtome à congélation. Afin d'opérer sur des cellules que nul réactif ne pouvait avoir altérées, nous prenions le testicule frais et nous le portions sans autre préparation sur la platine du microtome. Après congélation et refroidissement du rasoir, nous sommes parvenu à faire des coupes et même à les transporter sur un porte-objet. Mais les déceptions nous attendaient encore à la fin de l'opération. Les cellules coupées, qui seules eussent été utiles, tombaient, aussitôt réchauffées, en une marmelade, dans laquelle on ne reconnaissait plus rien.

Force nous a donc été de recourir à la fixation et à l'enrobage.

Il s'agissait, en somme, dans nos recherches de retrouver les graisses et la lécithine. Donc il fallait à tout prix éviter les dissolvants de ces substances. L'enrobage au collodion était à rejeter à cause du mélange d'éther et d'alcool absolu qu'il exige. Il ne restait donc plus que les enrobages à la gomme ou à la gélatine. Après quelques tâtonnements, nous sommes parvenu à faire des inclusions dans la masse de Kaiser et dans celle de Brunotti (Bolles-Lee et Henneguy, 1896, p. 217). Nous recommandons vivement cette dernière méthode qui nous a permis, après un durcissement de six jours à l'alcool à 90°, de faire des coupes de 25 et même de 20 μ.

Les testicules frais ou, de préférence, leur partie cellulaire seule, séparée de la masse par une section nette à l'aide d'un bon rasoir, étaient plongés dans la teinture d'anchusine dans l'alcool à 90°. Ce liquide fixe assez bien le tissu et colore les graisses, ainsi que la lécithine, en rouge. Après sept à huit heures de coloration, les pièces sont portées rapidement dans l'alcool à 90°, puis dans l'alcool 1/3 et enfin dans l'eau. Dès qu'elles tombent au fond du vase, elles sont placées pendant une journée dans un mélange à parties égales d'eau et de gélatine de Brunotti. On les porte ensuite dans la gélatine seule et on les y laisse un jour. Enfin, on coule la gélatine dans une boîte en papier quelque peu dur, dont le fond est formé par un petit cube de bois. On la laisse s'y prendre à une température voisine de 8° C, puis on porte le petit bloc dans de l'alcool à 90°. On dispose les choses de telle façon que le niveau de l'alcool n'arrive pas à la hauteur du bord du papier. Au bout de quelques jours, la gélatine a pris une bonne consistance et on peut faire des coupes sous l'alcool à 80°. Les coupes sont portées sur porte-objet et on les colore par le vert de méthyle légèrement acidifié d'acide acétique.

Si on observe de telles coupes dans une solution à parties égales d'eau et de glycérine, on y constate les faits suivants.

On reconnaît très facilement les coupes qui contiennent les cellules-mères primitives et les *cellules à noyaux polymorphes*. Ces cellules tranchent sur le champ du microscope par leur couleur rouge. Elles sont d'ailleurs entourées de cellules à noyaux aplatis et très verts, qui sont les cellules folliculaires. Leurs *noyaux* appartiennent à deux types différents. Quelques-uns d'entre eux ne renferment presque pas de substance colorée en vert. On n'y reconnaît qu'à de forts grossissements de petits granules verts à aspect irrégulier. Ce sont les granules de nucléine de l'*élément nucléinien* des cellules mères primitives, FIG. **42**, **43**. On reconnaît en outre dans ces noyaux des granules très fins colorés en rouge. De plus, le noyau tout entier a une très légère teinte rougeâtre. Dans d'autres noyaux, les blocs irréguliers de nucléine sont sensiblement plus grands. Ils appartiennent aux spermatogonies à noyaux polymorphes.

Les *nucléoles* qu'on retrouve au premier coup d'œil sont de tailles et de teintes très diverses. La plupart sont incolores. Une solution d'iode leur communique une couleur jaune foncée. On ne peut donc pas douter de leur nature albuminoïde. La teinte du jaune produit par l'iode rapproche ces nucléoles des grains d'aleurone, des graines ou des plaques de vitelline des œufs. Nous sommes donc en droit d'émettre l'hypothèse qu'ils sont composés de nucléo- ou paranucléo-albumines, comme ces enclaves. D'ailleurs, les réactions de coloration de ces nucléoles nous avaient déjà amené à la même conclusion.

Quelques-uns parmi les plus grands nucléoles sont très légèrement teintés de rouge. Ceux de moyennes dimensions prennent plus souvent et plus intensément l'anchusine. Ce sont donc là certainement des nucléoles renfermant des substances grasses. Peut-être sommes-nous ici en présence de lécithines ou de lécithalbumines. Il n'y aurait là rien d'extraordinaire, attendu que ces nucléoles renferment des albumines phosphorées qui peuvent très aisément fournir une graisse phosphorée, la lécithine.

Il ne peut s'agir en effet ici de corps gras ordinaires, car dans ce cas la coloration rouge serait plus intense. On sait qu'à côté du testicule de triton on trouve souvent du tissu graisseux très dense. Nous avons observé dans une de nos préparations, des portions de ce tissu à côté d'une coupe du testicule. Les graisses y étaient colorées en rouge vif et nous pouvions parfaitement établir la comparaison entre les deux teintes en présence. Les

cellules-mères étaient plutôt rosées en comparaison des cellules graisseuses. Nulle part dans le testicule, on ne trouvait ces points rouges brillants qui révèlent l'existence des graisses proprement dites. Nous ne sommes pas parvenu à serrer le problème de plus près (1).

Meves, 1897, p. 132, parle de la présence de granules graisseux qu'on voit tant dans les cellules à sphère éparpillée que dans celles qui ont une sphère bien formée.

Quelques nucléoles parmi les plus petits prennent le vert de méthyle. Ils renferment certainement une forte proportion de nucléine.

Les vacuoles du noyau ne prennent aucune teinte par aucun des réactifs essayés.

Dans le *protoplasme* des cellules-mères, on trouve une coloration générale rouge très légère.

Cette coloration est un peu moins accusée d'un côté de la cellule contre la membrane cellulaire. On y voit une sorte de liquide plus réfringent. Nous pensons que dans les cellules enrobées la place qu'occupait ce liquide est représentée par un vide que l'on voit à gauche dans les fig. **42**, **43** et en bas et à gauche dans la fig. **64**. Ce liquide ne prend que fort peu l'anchusine. Il renferme certainement un corps gras, mais nous n'en savons pas davantage.

Plus près du noyau et tout autour de celui-ci, on observe la coloration rouge la plus forte. Quand on y regarde de près, on voit qu'à cet endroit la substance fondamentale de la cellule a une teinte rouge, mais que *ce sont des granules plus ou moins tenus qui prennent l'anchusine*. Si on fait passer sur ces cellules une solution d'iode, on observe une coloration intense à cet endroit. Les granules se colorent moins que la substance qui les contient. Nous pensons que pour des raisons analogues à celles que nous avons fait valoir plus haut, nous sommes encore ici en présence de lécithines ou de lécithalbumines et non de corps gras ordinaires.

On n'observe pas de granules verts dans le protoplasme.

Tous les faits que nous venons de rapporter corroborent singulièrement ce que nous avons dit quant à la nature de l'anneau noir que Meves décrit autour des noyaux polymorphes dans la salamandre. La coloration peut provenir en effet : 1° de l'osmium réduit dans les nucléoles

(1) Ces pages étaient écrites, quand a paru le remarquable travail de Bang, 1901, sur les nucléines. Il ressort de ce travail qu'il y a une relation chimique très intime entre les nucléines et les lécithines. Nos conclusions s'en trouvent considérablement renforcées.

par les lécithalbumines; quand la lécithine est dissoute dans le chloroforme, l'essence ou la paraffine, l'osmium reste dans le substratum organique du nucléole; 2° des albumines qui constituent les nucléoles et de la substance dans laquelle ils se trouvent, qui sont probablement de nature nucléo-albumineuse. Or, on le sait, ces albumines sont sidérophiles et il n'est donc pas étonnant qu'elles prennent le noir d'Heidenhain.

§ 2. *Spermatogonies à noyau en fer à cheval et à noyau sphérique.*

Au fur et à mesure que les cellules subissent des divisions successives, le caractère de polymorphisme des noyaux se perd. En général, dès la troisième division à partir des cellules-mères primitives, nous arrivons à avoir des cellules à noyaux plus ou moins *recourbés en fer à cheval*. Les cystes qui renferment ces cellules n'en comptent d'ordinaire que quatre, rarement un plus grand nombre. De plus, ces cellules sont presque toujours disposées aux angles d'un tétraèdre; on les trouve donc rarement toutes dans une même coupe. La courbure des noyaux est d'ordinaire perpendiculaire à la ligne qui les réunit deux à deux.

Le protoplasme ne renferme plus d'enclaves. Il en est de même dans les petites spermatogonies à noyaux sphériques.

B. Caractères communs des spermatogonies de second ordre.

Nous venons de voir quels sont les caractères distinctifs des diverses spermatogonies; voyons maintenant quels sont leurs caractères communs.

§ 1. *Description de la cellule au repos.*

1° NOYAU.

Élément nucléinien.

Dans toutes les spermatogonies, depuis celles dont les noyaux sont le plus polymorphes jusqu'aux petites spermatogonies à noyaux sphériques, on trouve un élément nucléinien à peu près identique. Dans tous ces noyaux, en effet, il existe *à frais* des blocs plus ou moins informes de substance sidérophile se colorant en vert par le vert de méthyle. Ces blocs ont été vus par tous les auteurs qui ont touché la question de la spermatogénèse dans les batraciens. Meves, 1895, les considérait comme indépen-

dants les uns des autres. Et en effet, dans des objets fixés d'une façon trop violente par les solutions osmiquées, ils semblent complétement indépendants et plongés dans une substance hyaline et légèrement colorée en noir, FIG. **25**. En réalité, ces blocs ne sont pas indépendants, et MEVES lui-même l'a reconnu dans son mémoire de 1897. D'après lui, ces blocs sont réunis entre eux par des filaments de linine et l'ensemble est plongé dans une substance homogène (p. 9). M. GRÉGOR parle de ces blocs, quand il traite des spermatogonies de premier ordre. Nous croyons qu'il confond les cellules-mères avec les spermatogonies polymorphes de second ordre. Il admet du reste, comme MEVES, que les blocs de chromatine sont en relation entre eux.

D'après nos observations personnelles, on peut compléter cette description. Dans les noyaux bien fixés, mais dont la fixation n'a cependant pas excédé certaines limites, les blocs sont presque toujours réunis par des filaments plus ou moins colorés. Or, le plus souvent une masse colorée n'est réunie qu'à deux autres masses analogues. Pour se rendre bien compte de ces relations, il est indispensable d'examiner une cellule déterminée dans ses divers plans et de la poursuivre même sur plusieurs coupes. Il est possible de constater cette continuité à travers un grand nombre de blocs sidérophiles. Les exemples de ce fait sont nombreux, FIG. **26**, **64** en *a*. Cependant, le cas de réunion d'un même bloc à plusieurs de ses voisins se présente aussi. Nous l'avons dûment constaté à plusieurs reprises. On doit toutefois reconnaître qu'il est plus rare.

Ce qui gêne singulièrement l'observation de cette structure, c'est la présence, dans certaines cellules, d'un *caryoplasme* relativement abondant. Ce dernier est surtout évident dans les spermatogonies polymorphes, FIG. **45**, **64** en *c*. Tant qu'il se colore en rouge par les rouges bordeaux ou congo, FIG. **45**, il est facile de le distinguer des filaments nucléiniens proprement dits, mais il arrive qu'il devienne aussi sidérophile, FIG. **64**, *c'*, et dans ce cas, l'observateur se trouve parfois très embarrassé. Le cas de la FIG. **64** ou des cas analogues ne le gêneront pas assurément, mais les difficultés commencent quand les blocs de nucléine deviennent plus abondants, c'est-à-dire au fur et à mesure que les noyaux deviennent plus sphériques et plus petits. Dans les FIG. **46**, **51**, par exemple, il n'est pas douteux qu'un grand nombre des filaments colorés en noir ne font pas partie intégrante de l'élément nucléinien; il serait cependant bien difficile, pour ne pas dire davantage, de spécifier où se trouve ici le caryoplasme.

Nous sommes persuadé que l'élément nucléinien subsiste dans les spermatogonies à l'état de repos et qu'il est représenté par un filament d'épaisseur très variable. A l'endroit des blocs, l'élément nucléinien est extraordinairement gros; à l'endroit des ponts d'union, il n'est constitué que par un filament de plastine plus ou moins sidérophile. Nous verrons plus bas comment on peut interpréter le cas d'un bloc réuni à ses voisins par plus de deux ponts.

Nous pouvons nous demander ici si les blocs de nucléine sont toujours appliqués contre la membrane à l'intérieur du noyau comme beaucoup d'auteurs le prétendent. Il est certain qu'un grand nombre de ces blocs tapissent l'intérieur de la membrane, mais il est absolument certain qu'on en voit au milieu du noyau et à tous les niveaux de ce dernier. Ce fait ne s'explique qu'en admettant que quelques-uns de ces blocs au moins ne forment pas corps avec la membrane.

Enchylème.

Nous venons de voir que les noyaux des spermatogonies, surtout des petites spermatogonies, sont fort sidérophiles dans toutes leurs parties. Pour expliquer ce fait, nous recourons encore à nos préparations faites par la méthode de Brunotti, colorées par le vert de méthyle et l'anchusine alcoolique. Nous avons, en effet, noté souvent que dans ces préparations les noyaux sphériques se montraient imprégnés d'une substance assez réfringente et teintée de vert. L'enchylème du noyau des spermatogonies semble donc contenir de la nucléine à l'état diffus. Lors de la fixation, il est très possible que cette dernière se porte sur l'élément structuré du noyau et le rende sidérophile.

Nucléoles.

Outre l'élément nucléinien et le caryoplasme, il existe aussi dans toutes les spermatogonies un certain nombre de *nucléoles*, les uns très chromophiles, fig. **45**, **46**, **51** en *n*, et **64** en *n*, les autres se colorant plus difficilement, fig. **51**, en *n'*, et parfois pas du tout. Dans ce dernier cas, ces nucléoles ne s'aperçoivent qu'avec la plus grande difficulté et il faut beaucoup d'attention pour les retrouver, fig. **64** en *n'*. Nous ne croyons pas que ces divers nucléoles doivent être distingués les uns des autres.

2° PROTOPLASME.

En parlant des diverses sortes de spermatogonies, nous avons dit à peu près tout ce qui intéresse la structure du *protoplasme* de ces cellules. A mesure que les noyaux deviennent plus petits et plus sphériques, le protoplasme diminue de volume. Sa structure reste toujours réticulée, mais il se simplifie et il finit par ne plus être représenté que par un simple liséré formé de quelques filaments dans l'espace très réduit qui sépare la membrane du noyau de celle de la cellule.

3° MEMBRANE CELLULAIRE.

Disons en passant que cette dernière, quoi qu'en disent beaucoup d'auteurs qui parlent du testicule de la salamandre, est toujours bien nette dans les urodèles.

Quand la fixation est bien réussie, surtout dans les parties qui ont été fortement fixées aux solutions osmiquées, cette membrane, quoique très mince, est bien visible et en contact intime avec le protoplasme cellulaire. Toutes nos figures sont là pour attester l'existence de cet élément de la cellule. Nous tenons à affirmer qu'elles ne sont schématisées ni à ce point de vue ni à aucun autre.

Chapitre III.

Division cellulaire dans les spermatogonies.

Nous arrivons maintenant à la description de la division cinétique des spermatogonies. Cette description comprend deux parties bien distinctes : description de la figure fusoriale et histoire des bâtonnets. Ces deux parties sont indépendantes et nous croyons que nous pouvons sans inconvénients les séparer complétement.

Nous tenons à déclarer que nous décrivons strictement ce que nous avons observé sur des préparations irréprochables à tous les points de vue, et cela dans les tritons et les salamandres. Nous n'avons nullement dans ce travail la prétention d'établir des conclusions générales et pour cette raison nous ne nous occuperons que des auteurs qui ont parlé des urodèles. Nous ne désirons pas étendre nos conclusions au-delà des limites de cet ordre. Cependant, comme beaucoup d'auteurs ont pris les descriptions de ce qui

se passe dans la salamandre pour les généraliser et les appliquer à l'objet de leurs propres observations, nous discuterons les descriptions faites par eux dans d'autres animaux pour voir si elles peuvent s'appliquer aux urodèles. Si ces faits et surtout les hypothèses qui ont été faites à propos d'eux ne s'appliquent pas à l'objet qui nous occupe, il ne s'en suivra pas nécessairement que ce qui a été dit pour ces autres espèces soit inexact, mais il s'en suivra certainement que cela ne représente pas l'expression d'une *loi générale*.

A. Figure fusoriale.

§ 1. *La sphère.*

Considérons d'abord cette production qui se retrouve dans presque toutes les spermatogonies, bien que sous des formes bien différentes, et que l'on nomme la » sphère «. Tous les auteurs sont gênés, quand ils sont obligés de présenter cette production à leurs lecteurs. Ils ne savent comment la définir. » Il est beaucoup plus facile de définir le centrosome en termes physiologiques qu'en termes anatomiques «, dit Wilson, dans la première édition de son manuel (1). Voilà au moins un aveu dénué d'artifices. Mais il nous semble que définir la sphère de cette manière, c'est résoudre la question avant qu'elle ne soit posée et, si une telle méthode peut être considérée comme très bonne dans un livre didactique, nous ne pouvons l'admettre dans un travail de recherche. Nous prions donc le lecteur de vouloir bien nous suivre à travers le dédale des descriptions pour arriver à une connaissance plus parfaite de ce corps.

Description.

Dans les cellules à noyau polymorphe ou à noyau en fer à cheval ou en anneau, la « sphère » prend la forme la plus complète et la plus compliquée. C'est un corps qui se montre plus ou moins bien délimité et prend

(1) Wilson, qui avait d'abord admis que la centrosphère entière devait être considérée comme organite de la division, qui avait ensuite modifié sa manière de voir et croyait que c'était plutôt les centrioles qui constituaient les agents actifs de la cinèse, à la suite des expériences récentes dont nous avons parlé, arrive, dans la dernière édition de son manuel, à cette conclusion que tout cela « jette des doutes très graves sur l'hypothèse de l'autonomie universelle et la continuité génétique du centrosome ». Ce fait, qui prouve en faveur de la loyauté et de l'indépendance d'esprit du savant américain, est de nature à faire réfléchir ceux qui sont, comme il le fut, des défenseurs acharnés du centrosome.

plus intensément les colorants protoplasmiques. Sa section est souvent circulaire ou elliptique, parfois plus ou moins allongée. Telle elle se présente dans les FIG. **45**, **46**, **47**, **51**, **52**, **64**, **66** et dans les figures de presque tous les auteurs.

Étudions ces corps avec plus d'attention et, puisqu'ils sont si différents non seulement d'une classe de cellules à l'autre, mais même de cellule à cellule, attachons-nous à une cellule en particulier et étudions-y la sphère de plus près. La cellule que nous avons choisie pour cet objet est celle que nous avons reproduite dans la FIG. **46**. Si nous examinons cette cellule avec l'objectif 2 mm., ouv. num 1,40 et l'oculaire 8, c'est-à-dire au grossissement de 1000 diamètres, nous y voyons la « sphère » couchée entre les deux branches du noyau. C'est sa place favorite dans ces cellules, comme cela a été vu par tous les auteurs. Nous verrons quelle est la raison de ce fait. Disons seulement ici qu'elle n'a rien de commun avec les raisons plutôt théoriques que font valoir HEIDENHAIN, 1894, et DRÜNER, 1895.

Elle se montre assez nettement terminée par une membrane circulaire. A l'intérieur de cette première enveloppe, on croit reconnaître une seconde sphère qui renferme deux corpuscules arrondis. Il est évident que nous avons devant les yeux une de ces productions décrites par MEVES, MC GREGOR et EISEN et un grand nombre d'autres auteurs. Plusieurs de ces auteurs tâchent de faire cadrer leurs descriptions avec les idées théoriques de VAN BENEDEN et BOVERI. Nous pouvons dire en nous conformant à la nomenclature de VAN BENEDEN que la « sphère attractive » est formée *ici* d'une zone corticale, d'une zone médullaire et de corpuscules centraux. Si on ouvre le dictionnaire que EISEN, 1899, a mis à la fin de son mémoire sur le *Batrachoseps*, on trouve que cette production est formée à l'extérieur d'une plasmosphère et à l'intérieur d'une granosphère. Ces deux premières sphères ne sont pas essentielles et n'appartiennent pas en propre à la « sphère ». Au centre de ces deux premières sphères ou dans l'une d'elles, on trouve l'archosome qui se compose d'ailleurs d'une sphère extérieure, qui est la centrosphère, et d'une autre intérieure, qui est la somosphère; enfin dans cette dernière se trouvent les centrioles.

Toutes ces sphères deviennent souvent des disques, des lentilles ou des ménisques convergents. La somosphère peut même donner des filaments plus ou moins granuleux (EISEN, fig. 31 et explication).

Si l'on examine à présent la même préparation à l'aide des plus forts

grossissements, on voit l'image que nous avons tâché de reproduire dans la FIG. **47** avec autant d'exactitude qu'il nous a été possible. Nous trouvons :

1° que les diverses sphères qui s'emboîtent ne sont pas aussi distinctes qu'on eut pu le croire au premier examen. La sphère interne (la granosphère, sans doute) n'est nettement séparée de la sphère extérieure (la plasmosphère) qu'à certains endroits. Ailleurs, il est impossible de trouver la moindre limite; les deux sphères se confondent plus ou moins en une même masse. La sphère extérieure elle-même, assez bien séparée à gauche et à droite du reste du protoplasme, l'est beaucoup moins bien en haut et en bas. En haut, elle semble même en continuité avec une bande plus ou moins bien différentiée dans le protoplasme et qui sort du plan de la vision nette en s'approchant de l'observateur, FIG. **46** sur la ligne pointillée *c*.

2° Si nous modifions la mise au point, immédiatement le tableau change. On voit toutes les sphères et parties de sphères s'élargir du côté de l'observateur. L'objet que l'on a devant soi pourrait être comparé à plusieurs calottes sphériques concentriques, dont les concavités seraient tournées du côté de l'observateur. Les corpuscules centraux se trouvent au fond et au centre de la calotte la plus interne.

Nature.

En présence de ces observations qui sont absolument nettes dans la préparation que nous avons dessinée, nous nous sommes demandé si ces calottes ou prétendues sphères ne représenteraient pas tout simplement *des restes de la figure fusoriale de la dernière division*. En effet, si on observait un fuseau dont la limite extérieure se serait plus ou moins convertie en membrane et cela en se plaçant du côté du centre du fuseau, on aurait absolument une suite d'images comme celles que nous venons de décrire. Cette hypothèse nous parut intéressante et nous nous mîmes immédiatement à la contrôler.

1° Au point de vue théorique, notre hypothèse a-t-elle quelque probabilité? En d'autres mots, le reste du fuseau, s'il existe, peut-il être orienté, comme il l'est dans la préparation que nous examinons en ce moment? La réponse à cette question ne saurait être douteuse. Non seulement le reste du fuseau *peut* être orienté de cette manière, mais il *doit* l'être. En effet, quand une cellule à noyau en fer à cheval ou en U se divise, elle donne naissance à deux noyaux en U. Or, ces deux noyaux ont leur courbure et leurs deux branches parallèles et l'axe du fuseau passe perpendiculairement

au plan des deux U et entre leurs branches. Toutes les couronnes équatoriales que nous avons vues, les ascensions polaires et les télophases des figures attestent ce fait.

2° S'il en est ainsi, nous devons trouver des calottes pareilles vues de côté qui doivent avoir la forme d'un arc de cercle ou d'un cône à sommet plus ou moins arrondi. Il ne nous a pas été difficile de découvrir de telles figures et cela dans des cellules dont les deux branches en fer à cheval du noyau avaient été coupées perpendiculairement par le rasoir. Un coup d'œil sur l'esquisse **83** donnera une idée de telles figures. D'ailleurs, de telles productions ont été parfois figurées par des auteurs consciencieux et sincères : Meves, 1895, fig. 51, et 1897, fig. 6; Eisen, 1900, fig. 31. Ce dernier auteur dit même, p. 11, qu'il y a des raisons pour croire que « la sphère » est toujours concave, mais qu'on ne saurait percevoir cette concavité que » quand on voit ce corps de côté ». Nous sommes persuadé qu'il ne faut pas être aussi absolu.

3° Bien souvent, en effet, la « sphère » a une forme plus ou moins sphérique. Si dans ces cas on examine deux spermatogonies-sœurs coupées suivant l'axe du fuseau de leur dernière division, on observe des figures comme la fig. **82**. Au moment de sa réformation, le noyau a emprisonné entre ses deux branches ou dans sa cavité annulaire, s'il a la forme d'un anneau, les restes du fuseau de la dernière division. Le fuseau qui avait à peu près la forme sphérique, fig. **54**, **75**, et dont les fibres périphériques formaient par leur ensemble une surface quelque peu analogue à une membrane surtout aux environs du pôle, fig. **54**, *a*, a été étranglé entre les branches de l'U ou dans l'anneau du noyau lors de sa formation.

La contraction des fibres fusoriales entraîne les corpuscules centraux vers la plaque fusoriale ou » Zwischenkörper «. Les autres parties différentiées du protoplasme restent plus ou moins en arrière et cela à divers degrés. Cette séparation commence déjà à se manifester à la couronne équatoriale, fig. **54** et **78** en *a*. Elle s'accentue à mesure que la figure fusoriale se dégrade. Dans la fig. **81**, on voit en *a* ce qui a été primitivement la limite du protoplasme indifférent entourant le fuseau, en *b* la limite du fuseau lui-même et de ses filaments extérieurs, en *c* on trouve les restes d'une couche plus interne de filaments, enfin en *d* on voit les corpuscules centraux qui sont le plus intimement attachés à plusieurs de ces filaments et qui sont par conséquent entraînés le plus loin. En *d'*, fig. **81**, ces corpuscules ont été entraînés à travers l'ouverture du noyau annulaire jusque tout

près de la plaque fusoriale ou » Zwischenkörper « et le fuseau a été tellement maltraité par ce laminage qu'il n'en reste que des précipités informes. Ces préparations et une foule d'autres ne laissent dans notre esprit aucun doute quant à la signification du corps si polymorphe qu'on a décrit sous le nom de « sphère ». *En réalité, ce corps n'a aucune sorte d'individualité et il ne vaut pas la peine de lui donner un nom spécial.* Il est vrai qu'assez souvent autour des corpuscules centraux on trouve du protoplasme arrangé plus ou moins régulièrement en deux ou un plus grand nombre de couches plus ou moins membraneuses. Nous savons ce qu'il faut penser de ces figures. Mais bien plus souvent, les corpuscules centraux sont entourés de protoplasme absolument indifférent. Si nous avons dessiné un certain nombre de fois ces corps avec leur forme la plus complexe, c'est que nous voulions montrer *que nous avons très bien vu ce que les auteurs entendent par » la sphère «*, mais ce n'est pas du tout parce que cela représente le cas général.

Ce qui se présente plus souvent, c'est l'existence autour des corpuscules centraux d'une zone plus claire, le » heller Hof « des Allemands, une sorte d'auréole. Ce fait a été constaté par presque tous les auteurs et on a même donné, encore cette fois, des noms plus ou moins grecs à cette particularité.

Granules sidérophiles simples ou géminés.

Nous remarquerons avec Bolles Lee, sans vouloir nous attarder plus longtemps à ce détail, que *cette même auréole se trouve autour de tous les granules sidérophiles du protoplasme*, fig. **42**, **43**, **51**. (Bolles Lee, 1897, p. 248). Ces derniers sont fréquents et, comme dans l'*Helix*, ils sont souvent géminés dans une même vacuole, fig. **51**, à gauche. Il peut même arriver, quoique ce cas ne soit pas fréquent dans les spermatogonies ordinaires, que ces corpuscules sidérophiles géminés figurent absolument des corpuscules centraux ordinaires des spermatogonies.

Ce dernier cas est particulièrement intéressant et mérite de nous occuper un moment. La fig. **65**, *A* et *B*, représente deux coupes de deux cellules-sœurs de spermatogonies à noyau presque sphérique et qui se trouvent dans le coin d'un cyste renfermant un certain nombre de ces cellules. Dans la fig. **65**, *A*, on voit les deux cellules avec leurs membranes nucléaires et cellulaires très nettes. Leurs protoplasmes, un peu colorés, sont en contact intime avec les deux membranes. Les noyaux bien nets montrent une structure analogue à celle de la fig. **81**. Ces cellules sont très

bien fixées et parfaitement colorées. Dans celle de droite, on voit en *a* et *a'* deux groupes de granules géminés ayant absolument l'aspect de ceux que l'on doit considérer comme les corpuscules polaires dans les cellules circonvoisines et cela sans bouger à la vis du microscope. Si l'on fait descendre un peu le plan de la vision distincte, c'est-à-dire si on s'approche davantage de la coupe *B*, on trouve encore en *b* un troisième groupe en tout analogue aux deux autres Il existe donc certainement dans cette cellule *trois groupes* de corpuscules sidérophiles géminés *en tout semblables*. Il en est de même de la cellule de gauche. On y voit dans la coupe *A*, quoique à deux niveaux différents, deux groupes de granules géminés, *c* et *b'*. Le premier, *c*, se trouve un peu plus haut que *a* et *a'*, mais appartient à la cellule de gauche. Les cellules situées plus haut, dans la coupe précédente, ont d'ailleurs leurs corpuscules centraux. L'autre, *b'*, se trouve sensiblement au même niveau que *b*, c'est à-dire, comme ce dernier, plus bas que *a* et *a'*. Enfin, dans la coupe *B*, on trouve encore dans *cette même cellule* de gauche un beau groupe de granules sidérophiles. Personne ne pourrait prétendre reconnaître ici les corpuscules centraux de ces cellules.

Peut-on dire dans ce cas que l'un de ces groupes constitue cependant le centre physiologique de la cellule, quoique nous n'ayons aucun critère anatomique qui nous permette de le reconnaître? Ou bien faut-il dire qu'au moment où les asters se formeront, les rayons iront s'attacher à ceux de ces granules qui se trouvent dans le voisinage le plus immédiat de l'endroit où la figure va se former?

Il est impossible de décider de la chose d'une *façon certaine*, mais nous pensons que c'est la dernière hypothèse qui est la plus probable.

Si on admet la *première* de ces deux hypothèses, on dit en même temps que la forme anatomique n'a aucune importance en biologie et on introduit inutilement l'inconnaissable dans les sciences d'observation.

La *deuxième* hypothèse n'accorde pas grande importance, ni anatomique ni physiologique, à ces granules.

1° Elle dit que, *s'il n'y avait pas préexistence de ces granules, la figure se formerait et les asters prendraient naissance au milieu du protoplasme indifférent*, quand les causes, qui influencent la cellule à ce moment et qui sont encore mal connues, commencent à agir. On se demande s'il est permis de donner encore le nom d'hypothèse à cette proposition après les travaux de Hertwig, 1895-96, Morgan, 1896-99, Mead, 1898, et Wilson, 1901. Ne constitue-t-elle pas plutôt une théorie parfaitement démontrée?

2° Elle dit encore qu'en *présence de granules qui se trouvent dans le protoplasme à l'endroit où l'aster va se former, les rayons de l'aster ont une tendance à s'attacher à ces granules*, tout comme les asters artificiels de FISCHER s'attachent de préférence à des objets solides qu'ils trouvent à leur portée.

3° Elle dit enfin qu'il ne faut pas exagérer l'importance de ces granules, qui sont *moins encore qu'une cause occasionnelle* de la formation des asters.

Il est un fait, c'est que quand il y a un grand nombre de ces granules, qu'ils soient géminés ou non, ces granules ont une tendance à s'orienter régulièrement dans la cellule autour des asters. BOLLES LEE, 1897, a appelé l'attention sur ce fait. L'un de ces groupes pourra donc occuper le centre de la figure et les autres s'orienteront plus ou moins régulièrement autour d'elle.

On pourrait, comme nous l'avons déjà dit, prétendre que ces cellules donneront naissance à des figures pluripolaires. Nous avons dit ce que nous pensions de cette possibilité. Répétons ici que nous n'avons vu de telles figures dans les testicules ni de salamandre ni de triton.

Nous pensons que les cellules qui renferment ainsi un certain nombre de granules simples ou géminés sont des cellules qui ont été plus longtemps que les autres à l'état de repos. Nous avons déjà vu que, dans les cellules-mères primitives qui se trouvent à l'état de repos parfait au point de vue de la multiplication, on observe parfois un très grand nombre de granules simples ou géminés, FIG. **62**. Nous verrons que le même fait se retrouve dans les spermatocytes et que là il est presque constant.

Quant à l'origine de ces granules, nous renvoyons à ce que nous en avons dit quand il s'est agi des cellules-mères primitives et à ce que nous en dirons à propos des spermatocytes.

§ 2. *Les corpuscules centraux.*

D'après ce que l'on vient de lire dans le paragraphe précédent sur les » sphères « et d'après les considérations que nous avons fait valoir dans l'appendice à notre premier chapitre, on voit que nous n'admettons pas l'existence de corpuscules de division dans des cellules qui sont à l'état de repos complet.

Nous pouvons nous demander maintenant ce qui se passe dans les spermatogonies de second ordre qui ne rentrent jamais au repos et dont les divisions se suivent même très rapidement.

Dans presque toutes ces cellules, on trouve des corpuscules centraux et on peut en général les reconnaître à ce fait qu'ils y sont d'ordinaire entourés des restes plus ou moins nets des fuseaux antérieurs, qui leur constituent une gaîne plus ou moins complexe.

Il arrive, quoique cela soit rare, qu'on ne trouve dans cette partie du protoplasme qu'un seul granule sidérophile. Ce corpuscule est dans ce cas une petite sphère plus ou moins régulière, FIG. 61, ou un bâtonnet plus ou moins allongé. Ce cas est rare.

Le plus souvent les corpuscules sont géminés, FIG. 46, 47, 51, 66, 81, 82, 83. Dans ce dernier cas, ils ne sont presque jamais bien sphériques. Presque toujours, ils sont bacilliformes et les granules allongés ont, l'un par rapport à l'autre, une direction perpendiculaire. L'un des deux bâtonnets est parfois divisé en deux granules, FIG. 52, en bas. Parfois, au lieu de deux corpuscules, on en trouve quatre groupés deux à deux, suivant deux lignes perpendiculaires l'une à l'autre, FIG. 45 et 52, en haut.

Jamais, nous n'avons trouvé une union quelconque ni entre les deux granules primitifs ni entre les granules secondaires. D'ailleurs, à notre connaissance, aucun auteur n'a jamais figuré un tel rapport entre les deux corpuscules centraux des urodèles. Nous insistons sur ce fait et nous y reviendrons quand il s'agira de décrire le commencement de la figure fusoriale.

Nous sommes, croyons-nous, le premier à signaler la division des corpuscules centraux géminés en deux corpuscules de seconde génération à un stade aussi précoce. L'interprétation la plus simple à donner de ce fait, c'est que les divisions se succèdent dans les spermatogonies avec une telle rapidité *que la toute première ébauche* ultramicroscopique *des asters-petits-fils* commence déjà à s'indiquer avant la formation complète des asters-fils. Il semblerait donc que, quand les divisions se suivent si rapidement, les asters ont une tendance à se former à proximité l'un de l'autre dans cette partie du protoplasme qui a produit la figure de la dernière division. Nous ne croyons pas cependant que l'on soit par ce fait autorisé à considérer cette partie du protoplasme comme nettement distincte du reste et à la qualifier de « Kinoplasme ».

Comme nous l'avons déjà dit à plusieurs reprises, ces corpuscules, quels qu'ils soient, ne sont jamais bien sphériques ni lisses. Ils sont, au contraire, toujours anguleux et irréguliers. Il est presque impossible de rendre parfaitement bien cet aspect sans l'exagérer, parce qu'il s'agit ici d'objets extrêmement ténus.

§ 3. *Formation de la figure fusoriale.*

On peut se demander et on s'est bien souvent demandé si ce sont bien les corpuscules que nous venons de décrire qui constitueront les centres de la figure fusoriale.

Nous nous sommes imposé la tâche de vérifier s'il en est bien ainsi dans les spermatogonies de second ordre et, après de longues et patientes recherches, nous sommes arrivé à une conclusion affirmative.

Les cellules les plus favorables pour l'étude de ce phénomène sont, sans contredit, les cellules à noyaux en fer à cheval. La » sphère «, en effet, occupe dans ces cellules par rapport au noyau une position à peu près constante. Elle se trouve entre les branches de l'U formé par le noyau, FIG. **45**, **46**, **48**. A mesure que le noyau se modifie, la » sphère « avec les corpuscules centraux semble s'enfoncer davantage entre les deux branches du noyau, FIG. **48**. En réalité, il n'en est rien et c'est plutôt le noyau qui en grandissant se rapproche de la » sphère «. Dès que le protoplasme se remet en mouvement, les derniers vestiges de la dernière division disparaissent; en d'autres mots, la sphère fond lentement, FIG. **48**. Ensuite, les premiers rayons des futurs asters se montrent autour des deux corpuscules centraux, FIG. **49**. Dès leur apparition, on les poursuit bien au-delà de l'espace occupé primitivement par la » sphère «. Ce stade correspond au stade peloton déjà raccourci. Enfin, les asters prennent tout leur développement et leurs rayons vont jusqu'à la membrane cellulaire, FIG. **50**. Ce stade correspond au stade de la segmentation du peloton en bâtonnets ou chromosomes. Nous avons observé tous les intermédiaires entre ces divers stades et nous ne croyons pas qu'on puisse douter de l'identité entre les corpuscules polaires des asters de la FIG. **50** avec les corpuscules qu'on trouve dans la « sphère » de la FIG. **48**.

Fuseau central.

A aucun de ces stades, on ne trouve de liaison entre les deux corpuscules centraux. Nous ne pouvons donc pas appliquer la théorie du fuseau central de HERMANN, 1891, aux spermatogonies. Nous examinerons plus tard si elle peut s'appliquer aux spermatocytes étudiés par HERMANN.

On se demande si, dans son travail de 1891, FLEMMING se pose nettement comme défenseur du fuseau central d'HERMANN. Cet auteur y combat plutôt les idées de RABL et BOVERI à ce sujet. De plus, il nous semble que

les schémas 27, 29 et surtout 28, ainsi que les figures naturelles 18, 32, 33 et 34 de FLEMMING, ne constituent pas une preuve de l'existence d'un fuseau central. D'ailleurs, pour FLEMMING, 1891, le fuseau est formé par une substance dépendant du réseau chromatique. Cette opinion rapproche le savant de CARNOY qui croyait que le fuseau dérive toujours du caryoplasme.

Pour notre part, nous croyons qu'il est impossible de se faire une opinion sur l'existence et la structure du fuseau central d'après des préparations traitées par la triple coloration de FLEMMING. Cette méthode donne des colorations très élégantes sans doute et fort utiles pour l'étude des chromosomes, mais nous ne la croyons pas d'une très grande utilité pour l'étude de la figure fusoriale et surtout pour la solution du problème si délicat du fuseau central.

DRÜNER, 1895, et MEVES, 1897, ont employé des méthodes plus modernes. Nous avouons que nous ne comprenons pas comment ces auteurs ont pu soutenir leur opinion.

Il nous semble, en effet, que les fig. 7, 9, 10, 42, 45, et *surtout* 46 de DRÜNER et la fig. 9 de MEVES sont des arguments frappants contre l'hypothèse du « Centralspindel ».

Nous ne comprenons pas davantage comment l'étude des fig. 7, 9 et 13 du travail de MC GREGOR, 1899, peut entraîner une conviction chez le lecteur.

EISEN, 1900, ne donne pas de figures de division de spermatogonies. Il admet le « Centralspindel », mais sa conception est tellement différente qu'il aurait mieux valu inventer un nouveau mot pour la désigner. Il dit d'une façon générale, p. 87, que les fibres du fuseau central ne pénètrent pas à l'intérieur de la « centrosphère » (qui est la sphère extérieure de son archosome, ce que nous appelons l'auréole qu'on trouve autour de tous les granules sidérophiles), ils n'arrivent donc pas jusqu'aux « centrioles » de la « somosphère ». Il ne peut donc s'agir ici ni du « Centralspindel « de HERMANN, ni du « Netrum » de BOVERI. Cependant, sa fig. 31 représente un « Centralspindel » qui réunit les somosphères non auréolées. L'auteur donne le même nom, fig. 38 1/2, à des fibres qui ne réunissent pas du tout deux « archosomes » entourés de magnifiques « centrosphères ». Remarquons que dans la fig. 39 on trouve, en dehors d'un archosome principal, des archosomes accessoires (qui dit qu'ils sont accessoires?) réunis par une somosphère ayant la forme d'un fil. Donc, d'après la description de l'auteur, nous avons ici *un fil* de « somosphère » qui renferme un certain

nombre d'« archosomes ». Or, d'après leur définition, ces derniers renferment chacun une « centrosphère », une « *somosphère* » et des « centrioles ». Nous devons avouer que nous ne comprenons pas cette description.

*Le fuseau central, au sens d'*HERMANN, *n'existe pas chez les urodèles.* Voilà une conclusion très nette qui se dégage de l'examen le plus minutieux de nos coupes. Dans certains cas, comme celui que nous avons dessiné FIG. **53**, **72**, les filaments de l'aster partent *tous* des deux centrosomes plus ou moins nets qui préexistent dans la « sphère ». Dans ce cas, on ne voit pas de filaments qui vont directement d'un centrosome à l'autre.

On pourrait nous dire que, quand les centrosomes sont si rapprochés, nous ne pouvons pas observer ces filaments d'union, quand même ils existeraient, parce que le plus souvent le commencement de la figure se trouve de toutes parts entouré par les chromosomes ou les autres parties plus ou moins importantes du noyau. Certes, si nous n'avions que de telles figures, nous n'oserions pas émettre notre thèse avec autant d'assurance. Mais nous devons faire remarquer que, dans des cas comme ceux de la FIG. **53**, la figure fusoriale est assez dégagée pour qu'on puisse parfaitement l'observer.

Nous n'étudions donc que les cas où le noyau est relativement éloigné de l'endroit où la figure se produit. Il en serait ainsi par exemple pour la cellule de la FIG. **64**. Nous voulons surtout parler des FIG. **53**, **72**, **73**, **74**, qui toutes ont été faites d'après des cellules très belles et très grandes. Voici, par exemple, FIG. **72**, le « Centralspindel » d'une cellule où le fuseau commence à se former. Examinons-le à l'objectif 2 mm., ouv. num. 1,4 et l'oculaire 8. Nous copions aussi fidèlement que possible et nous obtenons la FIG. **72**, *A*. Avec un peu de *bonne volonté*, n'aurions-nous pas dessiné des filaments passant directement d'un des centrosomes à l'autre?

Mais examinons cette cellule au même objectif et à l'oculaire 18. Nous obtenons, en dessinant *servilement* à la chambre claire, la FIG. **72**, *B*. Il n'y a plus de doute possible, *aucun* des filaments d'un des asters n'est en continuité avec un des rayons de l'autre. Nous demeurons même stupéfait devant une indépendance aussi complète des deux asters. Ces filaments se croisent et sont certainement en contact. On voit d'ailleurs trop bien qu'ils dérivent de la régularisation du réseau pour pouvoir douter de cette relation; mais d'autre part, on voit d'une façon évidente qu'un même filament se continue en passant plusieurs mailles. De plus, même dans cette figure

si extraordinairement régulière, plusieurs filaments n'aboutissent pas du tout exactement aux corpuscules centraux. Enfin, on voit très bien ici que *ces « centrosomes » ne sont rien du tout.* Certains filaments astériens passent presque parallèlement par les corpuscules sans se toucher. Ils sont seulement à cet endroit enrobés dans une substance plus dense. Ce fait s'observe aussi bien dans le corpuscule de droite que dans celui de gauche.

Les rayons les plus évidents des asters vont bien au-delà de la plage résiduelle de la figure. Ces filaments vont en droite ligne aux bâtonnets ou chromosomes.

Les asters.

Voici une autre cellule, FIG. **53**. Au grossissement objectif 2 mm., oc. 4, on y voit une plage résiduelle bien individualisée et un fuseau central évident. Déjà à l'oculaire 8, l'illusion se dissipe. Dessinée servilement à l'oculaire 18, cette cellule produit la FIG. **53**. Ici, on voit très nettement des rayons partant des corpuscules centraux assez nets et aboutissant à certains chromosomes. Ces rayons sont très fins, fort peu colorés et absolument lisses. Chaque chromosome en reçoit un de chacun des corpuscules. Plus tard, on dirait qu'un grand nombre de filaments groupés en deux faisceaux réunissent chaque chromosome à chacun des deux corpuscules polaires. Cette description se rapproche beaucoup, comme on le voit, de ce qui a été dit par DRÜNER, 1895. Mais entre les deux corpuscules, on trouve un protoplasme très peu ou pas du tout modifié. Certainement, les trabécules sont orientées plus ou moins régulièrement, mais *aucun rayon ne passe immédiatement d'un corpuscule à l'autre.* Nous avons scruté ce fouillis pendant plusieurs heures et nous n'avons trouvé aucun filament d'union immédiate.

La figure 73.

Mais arrivons-en à des faits plus probants encore! Voici une cellule à « sphère » ou plage résiduelle très évidente, FIG. **73**, *A*, et montrant deux corpuscules centraux aux extrémités de cette « sphère ». Examinons-la avec les meilleures lentilles. Si nous ne faisons pas mouvoir la vis micrométrique, nous pouvons avoir en même temps au point deux centres d'activité cinétique de ce riche protoplasme, a^1 et a^2; mais remontons légèrement le plan de vision nette, nous sommes très étonné en voyant arriver un aster plus puissant encore en *a*. Remontons davantage, nous arrivons à la surface de

la sphère et nous trouvons encore un aster aux rayons multiples, a^3. Si nous allons en sens inverse en partant du plan a^1, a^2, nous trouvons deux asters de moindre valeur en a^4 et a^5. Personne n'oserait prétendre qu'un de ces asters a plus de droits qu'un autre, ni que l'un de ces corpuscules est plus central qu'un autre.

Mais poursuivons notre étude et sortons de la sphère. Aux environs immédiats de la plage résiduelle, nous trouvons, b, b' et b^2, de nouveaux asters de convergence qu'on pourrait appeler comme Carnoy, 1889, l'a fait pour l'œuf d'*Ascaris* des asters secondaires. De plus, on trouve plus loin dans le protoplasme ordinaire des asters en c, c' et c^2 qu'on pourrait appeler du nom d'asters tertiaires.

Reinke, 1894, émet pour des divisions analogues des idées qui sont extrêmement intéressantes, mais dont la plupart ont le malheur d'être trop théoriques. Cet auteur accorde une grande importance à l'ensemble du réseau protoplasmatique et, comme nous, *il n'admet pas que le centrosome soit un organe permanent de la cellule. Il l'appelle plutôt un organoïde.* Selon lui aussi, il existe dans la cellule un grand nombre de centres d'activité cinétique qu'il appelle tertiaires; ceux-ci peuvent se réunir à un certain nombre et constituer des centres secondaires. Il ne tient pas les centrosomes pour de organes *sui generis*, mais ce sont des organes temporaires qui se produisent par la réunion d'un certain nombre de centres tertiaires. Ces derniers se trouvent partout dans le protoplasme et y jouent un rôle important dans les mouvements des chromosomes.

Reinke insiste surtout sur la nature granuleuse de ses centres moteurs; mais ses figures les montrent comme des nœuds d'un réseau plasmatique.

On le voit, nos idées se rapprochent beaucoup de celles du savant allemand.

Comment se forme la figure fusoriale.

A la lumière de la description que nous avons donnée et des idées de Reinke, nous pourrons peut-être fournir une interprétation plus exacte de la formation de la figure fusoriale dans des cellules comme celle de la fig. **73**.

Remarquons d'abord que les centres de la plage résiduelle, a, a' et a'', etc., ont beaucoup de rayons parallèles. On dirait que pour les former on a rapproché un certain nombre de nœuds qui se trouvaient primitivement sur une ligne perpendiculaire à ces parallèles.

On pourrait se demander ce qu'il adviendra d'une sphère comme celle-là et comment elle pourra jamais donner une figure bipolaire? Nous répondons : 1° qu'il n'est pas certain que cette figure deviendra bipolaire, dans ce sens qu'elle n'aura que deux centres uniques formant une figure unique comme celle de la FIG. **54**. La FIG. **73** pourrait, en effet, donner naissance à un fuseau avec un grand nombre de centrioles, analogue à celui de la FIG. **17**.

2° Que la même question se pose pour beaucoup de fuseaux dans les plantes. Très souvent, en effet, ces fuseaux commencent par être multipolaires et deviennent en fin de compte toujours, ou presque toujours, bipolaires.

3° Enfin, il n'est pas difficile de comprendre comment ces figures peuvent se transformer de manière à former un fuseau nettement bipolaire.

En effet, presque tous les filaments de cette ébauche de figure sont déjà orientés assez nettement vers deux ou un petit nombre de points, qui se trouvent en dehors de la sphère et qui eux-mêmes ne sont pas encore occupés par un amas d'empâtement ou corpuscule central. Ces points sont ceux indiqués par les lettres *b*. Il est très possible que les centres cinétiques secondaires ne servent ici qu'à faciliter la tâche et à produire par leur action concordante les deux centres définitifs qui seront, par exemple, dans le cas présent *b* et *b'*. Les centres *a* lâcheront prise dès que les filaments de la toile seront assez bien orientés pour que les centres définitifs ou principaux puissent suffire à la besogne. Cette interprétation, comme on le voit, est on ne peut plus naturelle et elle a l'avantage d'expliquer tous les cas qui se présentent. Les cas de la fig. 1 et 8 de REINKE, 1894, s'expliquent facilement de cette façon. Pour interpréter le cas de sa fig. 9, il faudrait admettre que l'aster de droite en bas pourra glisser le long d'un des rayons de celui du même côté en haut pour se mettre en relation avec ce dernier.

Notre FIG. **74** présente un cas qu'on peut interpréter de cette manière. A notre avis, le pôle droit définitif de cette figure n'est pas encore indiqué dans le protoplasme. Il se formera à la rencontre des trabécules qui commencent à s'orienter en haut et à droite de cette sphère. A gauche, le pôle se constitue par la réunion de deux centres cinétiques secondaires.

Nous nous demandons, sans vouloir trop hâtivement résoudre cette question si difficile, si ce n'est pas de cette façon que les asters s'éloignent l'un de l'autre.

L'influence d'orientation dont nous venons de parler s'exerce sur toutes les parties protoplasmatiques de la cellule, sur le cytoplasme, le caryoplasme et les filaments dérivant de la désorganisation de la membrane du noyau. *Nous croyons que ces trois parties organisées de la cellule participent à la formation de la figure.* Nous nous rangeons donc à l'avis de FLEMMING, qui disait déjà en 1882 que la question de savoir quelles sont les parties de la cellule qui donnent naissance à la figure achromatique est une question de valeur secondaire.

Nous ne croyons cependant pas comme FLEMMING devoir admettre qu'une partie de l'élément nucléinien prend part à cette formation. Comme nous l'avons déjà dit, nous pensons que FLEMMING a tort de ne pas distinguer entre les filaments qui réunissent les diverses parties de cet élément et en constituent une partie intégrante et le caryoplasme de CARNOY.

Nous remarquons comme FLEMMING que les trois parties, caryoplasme, membrane du noyau et cytoplasme, qui participent à la formation de cette figure, sont en continuité. Nous sommes plus autorisé même que le savant de Kiel à admettre cette conclusion, puisque nous pensons que ces trois parties sont de même nature. Elles sont, en somme, du protoplasme plus ou moins différentié.

On peut se demander à la suite de cette description, s'il y a une distinction à faire entre la partie centrale du fuseau et les fibres fusoriales qui s'attachent aux chromosomes. En d'autres mots, le « Centralspindel » ou fuseau central existe-t-il, au moins quand le fuseau est complet, et faut-il le distinguer des « Mantelfibers » ou fibres périphériques.

Nous ne croyons pas cette distinction d'une grande importance. Toutes ces fibres sont des rayons des asters et il n'existe pas de fuseau dans le véritable sens du mot. Cependant, quand la figure fusoriale est complète, il y a certainement des fibres qui, vers le milieu de leur trajet, s'unissent intimement, de telle manière qu'à un examen superficiel on les croirait simples, attachées de part et d'autre aux deux pôles de la figure. Il est possible qu'il y en ait un certain nombre de ce genre, mais nous sommes sûr qu'elles ne constituent pas la règle : FIG. **54** et surtout **75**. Dans cette dernière figure, nous voyons aussi très bien quelle est la signification des corpuscules centraux. Nous remarquons que cette cellule se trouve à deux rangées du bord d'une préparation très bien fixée. Nous n'avons pas figuré tous les rayons des asters pour ne pas compliquer la figure outre mesure et bien faire apparaître l'irrégularité de la structure du fuseau.

Les fibres qui s'attachent aux bâtonnets semblent plus continues ici que les autres. Comme nous l'avons déjà dit, ces fibres sont formées de l'association d'un certain nombre de fibrilles élémentaires. Quand les bâtonnets sont en ascension polaire, comme c'est le cas dans la FIG. **75**, les fibres qui les attachent à leurs pôles respectifs sont cependant plus grosses et plus complexes que celles qui les attachent entr'eux.

Cette figure est encore intéressante à un autre point de vue. Au pôle de droite, l'aster est visiblement double. Le plus interne des deux asters qui se voient à ce pôle se trouve d'ailleurs dans un autre plan que celui qui est le plus à droite. On voit très nettement ici que ces asters sont formés d'un certain nombre de rayons qui se rencontrent et que leur centrosome n'est rien autre chose qu'un nœud ou un empâtement. Nous ne doutons pas qu'il faille donner la même interprétation aux FIG. **76** et **77**, qui représentent des couronnes plus avancées et plus rapprochées du stade des couronnes polaires (amphiaster).

B. Figure nucléinienne des spermatogonies.

Pour l'interprétation de la formation des chromosomes des spermatogonies, nous sommes arrivé à des résultats très intéressants, qui jettent un nouveau jour sur la question de la forme, sous laquelle l'élément nucléinien se trouve dans le noyau à l'état de repos.

§ 1. *Résolution des blocs de nucléine.*

Nous avons d'abord observé l'aspect particulier que prennent *à certains moments* les blocs de nucléine qu'on rencontre dans ces cellules, surtout dans les noyaux sphériques. La FIG. **27**, *a*, montre un de ces noyaux à l'objectif 2 mm., ouv. num. 1,30 et l'ocul. 4. On y reconnaît encore les blocs, mais quand on examine le même noyau à un grossissement plus fort, comme par exemple à l'oculaire 12 et surtout 18, on obtient la FIG **27**, *b*. Chacun des blocs est en *résolution* et donne naissance à un filament pelotonné. Dès l'abord, nous fûmes frappé par cet aspect et par la ressemblance évidente avec la résolution des nucléoles telle qu'elle a été décrite par CARNOY et LEBRUN, 1898, dans l'œuf des urodèles (salamandre, fig. 52 et 54). Leurs fig. 37, *T*, 40, *A*, et surtout 41, *A*, ressemblent vraiment beaucoup aux images que nous avions devant les yeux. La salamandre

offre dans ses œufs des résolutions de nucléoles, qui sont peut-être encore plus remarquables à ce point de vue (comparez CARNOY et LEBRUN, 1897, fig. 53 et 55). On voit déjà la première apparition de cette transformation dans des blocs bien noirs encore, mais là ces indications ne peuvent frapper que celui qui a déjà vu les stades reproduits dans la FIG. **27**, *b*.

Il nous restait un dernier doute sur l'interprétation à donner à ces figures, quand un jour nous eûmes dans une de nos meilleures préparations la chance d'avoir sous les yeux trois cellules, qui appartenaient au même cyste et qui montraient trois étapes différentes de la formation du stade peloton. La représentation, FIG. **67**, aussi fidèle que possible, de ces étapes est bien pâle à côté de la réalité, qui est d'une beauté remarquable. On voit, pour ainsi dire, la transformation se produire sous les yeux. Dans le noyau *A*, les blocs sont encore intacts. Cependant, on les trouve déjà mieux reliés que dans des noyaux comme ceux des FIG. **26** et surtout **25**.

Peut-on admettre que ces blocs aient jamais été complétement séparés? Nous ne le pensons pas. Nous devons cependant ajouter que nous n'en avons aucune preuve directe. Souvent même, on a des préparations qui semblent indiquer le contraire, surtout dans les cellules des bords des préparations où la fixation a été si rapide que les granules n'ont pas eu le temps de se déposer sur les filaments existants. Dans ces cas, quelques-uns au moins d'entre ces blocs *paraissent* complétement indépendants. Nous disons *paraissent*, car on observe des aspects absolument pareils dans des cas où il n'est pas possible d'admettre l'indépendance de ces blocs; tel est le cas dans les télophases de la division des spermatogonies et des spermatocytes. Nous nous attarderons à l'explication de ces figures quand il s'agira de ces stades. La parité entre ces figures et celles que nous avons devant nous, FIG. **25**, nous porte à croire qu'ici aussi les blocs sont en réalité en continuité, quoique celle-ci n'apparaisse en aucune façon.

Quoi qu'il en soit ici, on peut déjà beaucoup mieux poursuivre ces relations, FIG. **67**, *A*. Elles se voient dans cette figure sous la forme de filaments granuleux suivant une ligne capricieuse. Ces filaments relient les blocs entre eux de telle manière qu'une même masse n'est d'ordinaire en relation qu'avec deux de ses voisines. Il arrive cependant, et c'est le cas pour les blocs plus volumineux, comme celui qui est désigné par la lettre *a*, qu'on trouve un plus grand nombre de filaments aboutissant à une même masse. Ils sont alors le plus souvent au nombre de quatre, rarement plus. S il y en a plus, on voit assez nettement que quelques-uns d'entre eux ne sont

pas de même nature que les autres et ne peuvent pas avoir la même valeur. Cependant, nous avouons volontiers que ces distinctions sont difficiles à faire.

La FIG. **67**, *B*, nous montre évidemment une étape intermédiaire entre le stade de repos relatif du noyau *A* et le stade peloton du noyau *C*. Nous voyons les masses informes s'organiser et un filament apparaît dans leur substance.

Ici une question se pose naturellement à l'esprit. Ces filaments sont-ils de nouvelle formation ou préexistent-ils dans les blocs?

CARNOY et LEBRUN, 1897, après l'étude approfondie et détaillée de l'histoire des nucléoles dans les œufs de la salamandre et du pleurodèle, disent ce qui suit (p. 276) : » Certes, il est impossible assez souvent de rien » voir dans un nucléole au repos, surtout lorsqu'il est jeune; il paraît ho- » mogène. Ce n'est là qu'une apparence. Car en réalité il n'est jamais ho- » mogène; il renferme toujours un appareil filamenteux, plongé dans un » plasma et logé dans une coque mince ».

Nous nous trouvons ici en présence d'un cas absolument analogue. Assez souvent, il est impossible de rien distinguer dans les masses uniformément teintées de noir qui constituent les blocs, mais d'autres fois, et ce cas n'est pas rare, surtout quand la préparation est bien fixée et bien colorée, on voit que la masse noire est structurée. On y remarque des parties filamenteuses tranchant en noir sur le fond sombre du bloc, FIG. **26**. Il est évident que ce sont ces détails qui apparaissent d'une façon plus claire lors de la résolution qui précède immédiatement la formation du peloton.

Une autre question qui ne manque pas d'intérêt est celle de savoir si chaque bloc ne renferme qu'un seul filament. Nous pensons qu'*en général l'appareil filamenteux de chaque bloc est unique*, comme c'est le cas pour les nucléoles des œufs, mais il y a certainement des exceptions à cette règle. Ces exceptions ne gênent nullement notre interprétation. Elles correspondent aux cas, dont il a déjà été question, où les blocs ont quatre ou un plus grand nombre de filaments d'union avec leurs voisins.

§ 2. *Description des télophases.*

Pour pouvoir interpréter complétement ces cas nous devons quelque peu intervertir l'ordre des faits et décrire avant tout les *télophases* de la division dans les spermatogonies. Le stade des couronnes polaires est suivi

par le stade de double peloton. Cependant, on peut se demander si le peloton se reforme à ce moment et comment il se reforme. Cette question n'a, à notre connaissance, jamais été nettement tranchée. Beaucoup d'auteurs ont émis l'opinion que les chromosomes se resoudent à leurs bouts libres.

Moore, 1893, entre autres, donne dans sa fig. 24 un diagramme de la reconstruction du filament nucléinien. Il ne dit presque rien de cette figure et nous la croyons cependant importante, parce qu'elle représente assez bien ce qui se fait en réalité.

A priori, une telle interprétation devait d'ailleurs sembler probable, parce que les bouts libres des chromosomes sont presque en contact. Nous avons été assez heureux pour trouver certains cas où cette soudure était patente, fig. **80**. Les deux extrémités libres des chromosomes aboutissent à la membrane de nouvelle formation et on voit entr'eux un filament très fin les réunissant, fig. **80**, *d* et *d'*. Parfois, les bouts libres de deux V se recourbent quelque peu comme cela se voit dans la fig. **80**, *d''*. On voit que la soudure peut se faire alors sur une plus grande longueur. On conçoit aisément que deux de ces couples peuvent se trouver accidentellement à des endroits très rapprochés, de manière qu'ils se soudent par leurs bouts. Nous avons vu de ces cas dans des noyaux qui se présentaient obliquement et que l'on voyait du côté de la plaque cellulaire ou « Zwischenkörper ». Ces figures sont alors très compliquées et nous avons dû renoncer à en faire un dessin quelque peu naturel

On comprend maintenant quelle est l'origine des blocs à quatre filaments réunissants. Ils proviennent de la soudure en une *seule* masse de deux de ces couples. Lors de la résolution, il apparaîtra dans ces blocs deux filaments indépendants, comme on devait s'y attendre.

C'est aussi aux télophases que l'on voit apparaître la première indication de la structure filamenteuse des futurs blocs nucléiniens.

Reinke, 1894, a, croyons-nous, observé ces figures, mais ne les a pas interprétées comme nous. Dans la fig. 11, il croit avoir devant les yeux la première indication de la division longitudinale des chromosomes. Celle-ci se poursuivrait ensuite à travers toute l'évolution du noyau pour enfin s'achever à l'équateur de la cinèse suivante.

Nous ne pouvons nous ranger à l'avis de Reinke.

1° A cause de la similitude si grande qui existe entre les filaments que l'on voit se former dans les chromosomes aux télophases et ceux qui se forment dans les blocs avant la formation du peloton, fig. **80**, **67**.

2° Parce que la division longitudinale n'apparaît pour la première fois que quand les chromosomes sont en pleine métaphase, FIG. **78**. On n'en voit rien dans un stade immédiatement antérieur, FIG. **70**, **71**. A la couronne équatoriale, nous avons vu quelquefois les granules de PFITZNER encore indivis, FIG. **68**.

3° Parce que la figure de ces filaments démontre qu'il ne peut s'agir ici d'une division longitudinale.

Le filament qui apparaît dans le chromosome est appliqué contre la partie interne de la membrane du boyau nucléinien, FIG. **80**, *a*. Il y décrit des spirales tantôt droites, tantôt gauches, et parfois il suit une ligne parallèle à la direction du chromosome. On le voit aller de côté et d'autre, il prend la forme de L, de Z et de S, toutes choses qui sont incompatibles avec l'hypothèse d'une division longitudinale.

Il se produit dans les télophases un fait qui est de nature à nous donner la clef de bien des phénomènes qu'on observe dans l'élément nucléinien. Les V des couronnes polaires semblent interrompus à certains endroits, p. e. en *b*, FIG. **80**. Il est cependant évident que les deux blocs *b'* et *b''* appartiennent à un même chromosome. En *a*, l'interruption existe, mais n'est pas aussi complète. On y voit encore, quoique très faiblement, la membrane très mince qui constitue la gaîne de plastine du boyau nucléinien. Pour nous rendre compte de tels phénomènes, nous devons nous dire *qu'il y a certainement dans les cellules des détails qui n'apparaissent pas et qui cependant existent*. Pour qu'un élément cellulaire apparaisse, il faut 1° qu'il ait des dimensions qui ne descendent pas en dessous de la limite de la visibilité; 2° s'il a des dimensions convenables, il devra être constitué ou bien par une substance qui prend les matières colorantes que la technique actuelle met à notre disposition, ou bien avoir un indice de réfraction sensiblement différent du milieu dans lequel il se trouve. Supposons que la *gaîne* du *boyau nucléinien* ne remplisse pas ces conditions, nous ne la verrons que quand elle renfermera une substance chromatophile et seulement aux endroits où cette substance sera présente. Nous sommes persuadé qu'à des endroits comme *b* et *c*, FIG. **80**, l'une de ces conditions ne se trouve pas remplie et nous ne serions pas étonné si c'était la première. Cette membrane doit en effet être d'une finesse extrême. Les FIG. **70** et **71**, qui montrent des chromosomes à la couronne équatoriale, s'interprêteraient très simplement, si on supposait que les interruptions des chromosomes ne sont qu'apparentes et que leur gaîne existe, mais est invisible.

Aux endroits où le boyau nucléinien est vide, il a une tendance à s'affaisser sur lui-même. Mais dès ce moment, sa membrane devient plus grosse et dès lors aussi elle devient visible. Ce fait se présente à des télophases plus avancées et il explique des images comme celle de la FIG. **81**, où cette gaîne affaissée apparaît en y et y', tandis qu'en z, où évidemment elle existe, on n'en voit pas de traces.

§ 3. *Origine du peloton.*

Reprenons maintenant l'étude de la formation du peloton dans les spermatogonies.

Des blocs comme *a*, FIG. **67**, *B*, pourraient faire croire à une division longitudinale ou à une réapparition d'une telle division qui, d'après les idées de REINKE, se serait déjà montrée aux télophases de la division précédente. Mais quand on voit des commencements de résolutions comme celles de *c* et *b* de la même figure et qu'on les compare aux endroits désignés par les mêmes lettres dans la cellule *C* de la même figure, cette interprétation ne peut plus se soutenir. Comme nous le verrons d'ailleurs, la véritable division longitudinale est très tardive ici.

Un seul bloc donne naissance, comme on le voit, à un filament beaucoup plus long que la partie du double peloton dont il dérive. En comparant même la FIG. **80** à la FIG. **67**, on est forcé d'admettre que le filament qui apparaît déjà aux télophases est sensiblement plus court que celui qui sort du bloc aux stades précurseurs du peloton.

Le filament nucléinien s'est nourri pendant tout le stade qui sépare les couronnes polaires d'une division et le stade peloton de la division suivante et on peut affirmer qu'il a pour le moins doublé sa masse. Cette conclusion se dégageait déjà à priori des descriptions des divisions somatiques. Nous en trouvons ici une démonstration très convaincante à la fois et très élégante.

Dans la FIG. **67**, *C*, on poursuit si loin un même filament que nous osons dire, sans crainte de nous tromper, qu'il est unique et continu. Cette conclusion est admise par MONTGOMMERY, 1900, et beaucoup d'autres, sur des préparations bien moins démonstratives. Ce fait tend encore une fois à faire admettre qu'à l'état de repos, FIG. **25**, **26**, **64**, **81**, **68**, *A*, les unions entre les blocs représentent des parties de l'élément nucléinien et que *dans cet état cet élément est aussi continu et unique*. Il est en effet bien difficile de comprendre comment ce filament unique pourrait apparaître

tout à coup s'il ne préexistait pas, comment, en d'autres mots, les bouts des filaments résultant de la résolution des blocs de la FIG. **27** pourraient se mettre bout à bout pour constituer la FIG. **67**, *C*.

La partie de l'élément nucléinien qui n'apparaît pas est très probablement, comme nous l'avons déjà dit, la gaîne du *boyau* aux endroits où celui-ci ne renferme pas de nucléine, FIG. **80**, *a*, *b* et *c*. Dans la FIG. **67**, *B*, on voit de ci et de là apparaître entre les blocs des filaments d'abord très peu colorés. Ces filaments décrivent des zig-zag analogues à ceux qui apparaissent dans les blocs. Nous ne pouvons expliquer ce fait qu'en disant que le filament de nouvelle formation prend naissance aux télophases tout le long de l'élément nucléinien, mais qu'il n'apparaît d'une façon visible que là où il renferme de la nucléine ou au moins une substance sidérophile, FIG. **81**, *c*.

En tous cas, à un certain stade de la résolution des blocs précédant la formation du peloton lâche, *l'élément nucléinien de la dernière division reparaît*. A certains endroits, il est presque continu, FIG. **67**, *B*, *x*, *z*, *y*, puis il disparaît pour toujours.

§ 4. *Formation des chromosomes.*

Le filament, FIG. **67**, *C*, ne garde pas longtemps les dimensions qu'il possède à ce moment. Il se raccourcit, cela ne souffre pas de doute. En même temps, les enroulements et les plissements en zig-zag se perdent graduellement, FIG. **48**. A certains endroits cependant, ces enroulements persistent plus longtemps. Le filament nucléinien y forme une double boucle, FIG. **48**, *a*, **49**, *a*.

Si nous étudions ces endroits avec soin, surtout si nous les poursuivons à travers tous les changements que subit l'élément nucléinien pendant ce stade préparatoire à la formation des bâtonnets, nous voyons que c'est à ces endroits que les chromosomes futurs se termineront. Avec quelque peu d'habitude d'ailleurs, on peut retrouver ces figures à un stade antérieur, FIG. **67**, *C*, *a* et *c*.

Dans la cellule représentée par la FIG. **49**, nous trouvons divers stades intermédiaires qui précèdent immédiatement l'individualisation des chromosomes. En *a*, la double boucle est encore bien nette; en *b*, on voit un filament d'union déjà plus pâle associer deux bouts plus ou moins renflés de l'élément nucléinien. En *c* et *c'*, l'union des mêmes tronçons est encore à peine visible.

Si nous considérons à présent un stade plus avancé encore, FIG. **50**, nous retrouvons dans cette cellule, quoique avec peine, les filaments d'union des chromosomes. En *a*, il est encore bien évident. En *b*, on le soupçonne encore. En *c*, les bouts des chromosomes sont rapprochés comme en *a* et *b*, mais on ne voit plus trace d'union. La FIG. **69** nous montre deux bouts de chromosomes aux mêmes stades.

MONTGOMERY, 1900, a insisté beaucoup sur des filaments d'union analogues, p. 290. Il les poursuit à des stades plus avancés que nous ne sommes parvenu à le faire (sa fig. 14) et même jusqu'à la couronne équatoriale (stade monaster), fig. 21. Cet auteur base sur ces observations une théorie très intéressante et très captivante tendant à faire admettre que l'élément nucléinien entier persiste à travers toutes les divisions somatiques. Voici d'ailleurs une phrase de l'auteur qui résume très bien sa pensée. « Le tout, » le spirème de linine, avec la chromatine arrangée sur son filament ou à » son intérieur, doit être considéré comme un élément du noyau unique » et distinct..... Il faut lui donner le nom de « nuclear element » (1). » C'est là une individualité de premier ordre. Les chromosomes doivent » être considérés comme des individualités de second ordre, d'un ordre » moins élevé «.

Cette idée nous paraît très féconde et elle rentre absolument dans notre manière d'expliquer la permanence de l'élément nucléinien. Malheureusement, nous ne pouvons pas fournir de faits positifs à son appui. En effet, il nous est impossible, une fois le stade de la FIG. **50** passé, de retrouver les filaments d'union dont parle MONTGOMERY.

Il arrive même qu'à la couronne équatoriale certains bâtonnets ont leurs extrémités si éloignées de tout autre chromosome qu'on se figure difficilement comment et où pourrait bien se trouver un semblable filament.

D'autres fois, au contraire, les extrémités des chromosomes sont assez rapprochées et on pourrait assez facilement se figurer un filament qui établirait une continuité entre les divers bâtonnets.

Les lignes pointillées de la FIG. **78** représentent cette reconstruction

(1) Nous sommes heureux de constater que le nom choisi par MONTGOMERY est celui que CARNOY employait depuis 1884. Pour lui aussi, l'élément nucléinien était un élément qui garde son autonomie. Il a soutenu cette manière de voir contre FLEMMING qui admet la formation d'un réseau chromatique dans le noyau. Nous nous étonnons que MONTGOMERY, qui a si bien compris l'individualité de l'élément nucléinien et qui l'a même menée plus loin que CARNOY, admette encore malgré cela la formation d'un réseau de chromatine Il y a là quelque chose qui choque dans l'ensemble de sa théorie.

idéale sur une couronne équatoriale avancée. Nous disons expressément que *nous n'avons jamais vu* des filaments d'union à ces stades et cela malgré les recherches les plus minutieuses.

Ce qui donne certainement de la probabilité à l'interprétation de MONTGOMERY, c'est l'apparition des filaments d'union aux télophases avancées, FIG. **80**, *d*, *d'* et *d''*. Ces filaments tout en existant réellement n'apparaissent-ils pas pour des raisons sur lesquelles nous avons déjà souvent insisté, quoiqu'ils existent en réalité? Nous posons la question, mais nous ne prétendons pas la résoudre.

§ 5. *Ascensions polaires et derniers stades de la division.*

La division longitudinale des bâtonnets est très tardive dans les spermatogonies des tritons. Les bâtonnets sont déjà très bien individualisés alors qu'on n'y voit pas encore la moindre trace de division, FIG. **54**, **70**, **71**, **73**, **74**. Les chromosomes se trouvent déjà bien régulièrement à la couronne équatoriale, FIG. **54**, alors qu'il n'existe pas la moindre trace de division longitudinale. A un stade voisin de celui de la FIG. **54**, il nous a même été donné de voir encore les disques de nucléine de CARNOY ou granules de PFITZNER, avec leurs chromioles, parfaitement indivis, FIG. **68**.

On croirait parfois avoir affaire à une division transversale. Il arrive que cette dernière est très évidente, FIG. **70**, **71**. S'agit-il là d'un éloignement un peu exagéré de deux disques qui se suivent? Tel paraît bien être le cas dans les fig. 24, 26, de ATKINSON, 1899, prises dans les cinèses de réduction du *Trillium grandiflorum*. Nous ne croyons pas qu'il faille faire grand cas de tels aspects.

Nous n'avons qu'à renvoyer aux figures des auteurs et aux nôtres pour compléter le cycle de la division depuis la couronne équatoriale avancée, FIG. **54**, par l'ascension polaire, FIG. **75**, jusqu'aux couronnes polaires, FIG. **76**, pour aboutir enfin aux télophases avancées des FIG. **79**, **80**, dont nous avons déjà parlé.

Une dernière question se pose maintenant : c'est celle de la *permanence des chromosomes*. Déjà RABL et après lui BOVERI ont émis l'opinion que les chromosomes se maintiennent individuels à travers toutes les divisions.

S'il s'agit là d'une individualité absolue, nous ne croyons pas qu'on puisse admettre cette théorie. Nous sommes en effet persuadé de l'existence

d'un stade peloton à filament unique. Mais s'il s'agit d'admettre, avec MONTGOMERY lui-même, une permanence telle que les chromosomes s'individualisent toujours aux mêmes endroits, nous sommes porté à l'admettre.

En effet, dans les spermatogonies à noyaux ronds ou peu bosselés, on retrouve souvent les V des couronnes polaires, FIG. **25**, **81**, **82**. La cellule, FIG. **25**, et d'autres analogues nous avaient fait croire un moment que chaque bloc représentait un des chromosomes. Il n'en peut être ainsi cependant, puisque ces blocs sont parfois en nombre dépassant de beaucoup 24 et pouvant aller jusqu'à 38 et plus.

La dernière division des spermatogonies est en tout semblable aux autres. Nous ne pouvons pas admettre avec MONTGOMERY que ce serait aux anaphases de cette division que se ferait la réduction en nombre. Nous ne pouvons donc souscrire à son explication de ce phénomène.

DEUXIÈME PARTIE.

Les cinèses sexuelles.

Terminologie.

Immédiatement après la dernière division des spermatogonies, les cellules rentrent à l'état de repos. Pendant ce temps, il se produit dans le noyau et le protoplasme de ces cellules des changements remarquables et qui n'ont pas été, nous semble-t-il, suffisamment étudiés. Ces cellules augmentent en volume pendant ce temps et c'est pour cette raison que Bolles Lee, 1897, leur a donné le nom d'auxocytes. Nous trouvons ce nom bien choisi et nous nous en servirons.

Ces cellules subiront ensuite deux divisions, qui se suivent rapidement. Ces cinèses sont caractéristiques des cellules sexuelles mâles et femelles dans les deux règnes. C'est pour cette raison que nous préférons les appeler divisions sexuelles.

Ces deux divisions, qui se suivent si rapidement que tous les phénomènes cinétiques s'y compénètrent, ont été dénommées d'appellations très diverses. Carnoy et Lebrun, 1899 (p. 375), ont proposé le nom de » cinèses sexuelles « ou » cinèses quaternes «. Nous trouvons, avec ces auteurs, que les noms donnés par Meves, 1897, à ces divisions (hétérotypiques et homœotypiques) prêtent à confusion, parce qu'ils ont été d'abord employés par Flemming, 1887, pour désigner de simples variantes de la division somatique. Moore, 1895, a de plus donné le nom d'hétérotypie aux deux cinèses sexuelles. Il vaut donc mieux abandonner une dénomination, dont le sens n'a jamais été bien précis et qui a été appliquée à des objets si différents.

Les auxocytes s'appellent aussi spermatocytes de premier ordre. Après la première cinèse sexuelle, les cellules prennent le nom de spermatocytes de deuxième ordre.

Ces noms sont maintenant employés par tout le monde et nous trouvons qu'il n'y a pas de raison pour les abandonner.

Nous dirons donc *auxocytes* ou *spermatocytes de premier ordre* et *spermatocytes de second ordre*.

Chapitre I.

Auxocytes ou spermatocytes de premier ordre.

Après les télophases de la dernière cinèse des spermatogonies, il s'ouvre pour les éléments sexuels une période de vie nouvelle. Ces cellules ont à peine repris leur stade repos (qui ne diffère du reste que fort peu du stade repos d'une spermatogonie ordinaire), fig. **1**, qu'une série de nouveaux phénomènes commence à se dérouler.

§ 1. *Stade du synapsis.*

Peu de temps après la reconstitution du noyau, celui-ci est envahi par une substance sidérophile diffuse et qui est, peut-on dire, en solution dans l'enchylème du caryoplasme. Cette substance masque considérablement la structure du noyau. Aussi, ce voile noir cache-t-il, en partie du moins, les phénomènes qui s'y passent à ce moment. Nous représentons, fig. **2**, une cellule arrivée à ce stade. Elle a été fixée à la liqueur de Gilson et colorée très soigneusement à la laque de Heidenhain.

Nous sommes ici, à n'en pas douter, en présence de cellules qui entrent dans le stade si discuté du synapsis. Comme on le voit, toute la substance nucléaire s'est coagulée en une masse noire rejetée d'un côté du noyau; de cette masse sortent quelques filaments qui vont se mettre en rapport avec la membrane du noyau. Moore a vu ce stade dans les élasmobranches. Ses figures sont très analogues à celles que nous voyons ici. Il constate qu'après l'action de l'acide osmique la contraction est moins forte.

Miss Sargant, 1897, dit qu'elle l'a observé sur le vivant dans les lis. Beaucoup d'auteurs, d'ailleurs, parlent de ce stade tant dans les végétaux que dans les animaux.

Ni Flemming, ni Hermann, ni vom Rath, ni Meves, ni Druener, ni Reinke, ni Eisen, ne représentent ce stade dans les batraciens, ni n'en parlent dans leurs mémoires.

Réduction en nombre.

Nous croyons cependant qu'il a une importance capitale et que toute contribution consciencieuse à l'étude des faits qui s'y passent est digne de l'attention du biologiste. En effet, c'est certainement à ce moment que se produit dans les auxocytes ce phénomène, jusqu'à présent inexpliqué, de la réduction du nombre des chromosomes. C'est même ce fait que Moore a qualifié de synapsis.

Toutes les théories qu'on a émises pour expliquer ce phénomène rencontrent dans nos préparations des objections si graves que nous pouvons dire que nous ignorons jusqu'à présent la cause de la réduction du nombre des chromosomes.

L'idée *théorique* qui se heurte le moins aux faits est celle qui dit que *les chromosomes des auxocytes représentent deux chromosomes des spermatogonies réunis bout à bout*, non pas cependant de manière à se séparer lors de la deuxième cinèse sexuelle, comme le prétendaient déjà vom Rath, Haecker et Rueckert, *mais d'une manière permanente.*

Les deux cinèses sexuelles seront ensuite des cinèses ordinaires, dont les divers stades se compénètrent, parce qu'elles se suivent très rapidement.

Nous ne croyons pas qu'on en sache davantage et tout ce que l'on a dit pour expliquer autrement les choses est au moins hasardé comme explication particulière et incontestablement faux comme interprétation générale des cinèse sexuelles.

Nous avons éprouvé comme Moore que les solutions osmiquées conservent le mieux la structure très délicate du noyau au stade synapsis. Quand on observe les objets qui ont été fixés aux solutions de Flemming et surtout de Hermann, on constate que plus on s'approche des bords de la préparation, moins la masse nucléaire est séparée de la membrane du noyau. En même temps, la structure interne du noyau devient d'autant plus évidente que la membrane est en contact plus intime avec son contenu. Il paraît donc évident qu'on doit s'adresser à ces cellules qui sont bien conservées à ce point de vue pour chercher la clef des phénomènes qui s'y passent. Il paraît aussi démontré par cette observation, *qu'au moins pour les urodèles*, on ne peut pas admettre que la rétraction et le refoulement du contenu du

noyau soit un phénomène naturel. Nous croyons d'autre part qu'à ce stade les noyaux sont très sensibles aux réactifs et que ce phénomène de rétraction, qui se produit jusqu'à un certain point dans tout noyau dont la fixation n'est pas parfaite, se produit ici beaucoup plus facilement. Peut-être cette contraction peut-elle se produire sur le vivant, sous l'influence de certaines causes extérieures. Nous nous demandons si on ne doit pas attribuer cette rétraction si facile à la présence de la nucléine ou de la substance sidérophile diffuse, qui remplit l'enchylème du caryoplasme des auxocytes jeunes. La fixation, surtout par les réactifs à base de sublimé et d'alcool, étant une sorte de coagulation, doit aller de pair avec une rétraction de toute la masse interne du noyau.

Fidèle au principe que nous avons énoncé dans nos méthodes, nous ne décrirons donc les phénomènes que d'après des cellules où les membranes cellulaires et nucléaires apparaissent bien nettement et où toutes les parties cellulaires sont en contact intime entre elles et avec les cellules voisines. Nous admettons volontiers que de telles préparations sont rares, mais elles existent et sont extrêmement instructives.

La première transformation qu'on observe dans les auxocytes est analogue à celle qui annonce le commencement de la division dans les spermatogonies. Elle est antérieure à l'étape de la FIG. **2** et consiste en une résolution des blocs de nucléine.

Nous n'avons pas figuré de tels noyaux en vue d'ensemble. Cette résolution est plus difficile à voir ici à cause du voile noir dont nous avons parlé. Cependant, quand les coupes sont suffisamment fines, elle est, à certains endroits, aussi claire que dans le cas des spermatogonies, FIG. **28**. Mais cette résolution est plus complexe, FIG. **29**. Sur le fond toujours plus ou moins coloré de la préparation, il est difficile de retrouver la limite des blocs primitifs. L'impression qu'on subit en examinant ces préparations est que la nucléine est entrée en partie en solution dans toute la masse nucléaire et qu'il s'élabore un nouvel élément nucléinien. Nous ne pouvons pas admettre que ce nouvel élément n'est pas en relation d'origine avec l'ancien par l'intermédiaire des blocs, mais nous devons avouer que nous ne pouvons imaginer quel est le rapport qui les unit.

Ce qui est certain, c'est que dans la FIG. **31** qui sort de ce chaos, on commence déjà à entrevoir un stade peloton dont certaines parties sont évidentes. Cette figure correspond au stade de la FIG. **2**, *qu'on retrouve à ce niveau plus profondément dans le tissu.*

Déjà à ce stade si peu avancé, certains filaments montrent une division longitudinale, FIG. **31**, *a*.

On peut retrouver le filament du peloton dans les synapsis moins bien fixés, FIG. **2**.

Remarquons surtout ici un détail, qui a été signalé depuis longtemps dans les cellules-mères des grains de pollen, les homologues des auxocytes quant aux phénomènes cinétiques. Quelques filaments sortent du magma, vont s'attacher à la membrane nucléaire, reviennent sur eux-mêmes et rentrent dans la masse. DIXON, 1895-1896, avait tiré de ce fait l'argument fondamental en faveur de sa théorie sur les cinèses polliniques dans les liliacées. D'après lui, chaque chromosome qui se dégage du stade peloton est composé d'un filament replié sur lui même et dont les deux parties sont enroulées l'une autour de l'autre. La division longitudinale apparente d'un chromosome n'est donc qu'une illusion. Les deux moitiés sont, en effet, deux parties différentes du peloton; les granules de ces filaments appartiennent en somme à des chromosomes différents. Les vues de DIXON ont été reprises en partie dans un travail récent de VON WINIWARTER, 1900.

Cette manière d'interpréter la première partie du phénomène conduit dans ce dernier travail à une explication très obvie de la réduction du nombre des bâtonnets et de la compénétration des deux divisions sexuelles. Ce serait cependant, nous semble-t-il, manquer de logique que de dire avec VON WINIWARTER, 1900, « que la formation du grumeau des noyaux » synaptènes est inutile, s'il s'agit d'une simple division longitudinale des » filaments chromatiques. »

Cette concentration, *si tant est qu'elle soit naturelle*, peut avoir d'autres raisons d'être, que *nous* entrevoyons dans un remaniement complet de l'élément nucléinien ou au moins de sa nucléine, qui semble se dissoudre, et dans la formation d'un filament nouveau, au moins dans sa structure intime.

Nous croyons d'ailleurs que la théorie de DIXON ne peut s'accorder avec les faits que nous avons observés et que nous allons décrire.

Dans la FIG. **2**, on voit, il est vrai, certains filaments, *a*, qui sortent de la masse nucléaire et y rentrent en *suivant une ligne très rapprochée et sensiblement parallèle à la ligne de sortie;* mais on voit d'autres filaments qui rentrent dans la masse à un endroit très distant de celui où ils en sont sortis. Il nous paraît absolument inadmissible que de tels filaments s'accolleraient dans la suite.

Dans des noyaux où la contraction a été moins violente, ces filaments

décrivent d'ailleurs une ligne courbe, comme cela est déjà le cas pour le filament *b* de la FIG. **2**.

Ces filaments ont l'air d'autant plus tendus que la masse centrale a subi une contraction plus forte.

D'après nous, ce sont là des filaments du peloton de la FIG. **31** qui, au moment de la fixation, étaient soudés en un point à la membrane nucléaire. Au moment de la contraction, toute la masse qui n'était pas en contact avec la membrane du noyau s'est contractée. Les seuls filaments soudés à cette membrane sont restés en arrière et ont donc été violemment retirés du peloton très dense du noyau.

De plus, comme nous l'avons déjà dit, le filament du peloton montre déjà à ce stade une division longitudinale évidente à certains endroits, *a*, FIG. **31**. Nous verrons dans la suite que *c'est bien cette division que l'on peut poursuivre à travers toutes les transformations que subiront les auxocytes et qui s'achève à leur couronne équatoriale.*

Dans les urodèles, cette soudure du filament nucléinien à la membrane du noyau ne se produit jamais qu'à un point de cette dernière. Dans les mammifères, le filament s'attache, dirait-on, sur une plus grande longueur, comme cela est visible dans la fig. 27 (surtout en haut et à gauche) du travail de VON WINIWARTER.

Quand la figure est un peu plus avancée, on peut suivre le filament sur un trajet relativement long et on a devant les yeux un stade peloton extrêmement complexe et à filaments très granuleux. Ce stade ne se trouve pas figuré dans notre travail. Il est quelque peu postérieur à celui qui a donné la FIG. **2**,

Jusqu'à ce moment donc, les traits les plus caractéristiques des auxocytes peuvent se résumer comme il suit :

1° L'enchylème du caryoplasme se remplit d'une substance sidérophile.

2° Les blocs de nucléine se résolvent et donnent naissance à un peloton très dense.

3° La masse interne du noyau a une tendance à se ramasser au milieu du noyau sous une forme qui rappelle le synapsis de MOORE.

4° On voit dans les filaments du peloton la première indication d'une division longitudinale.

§ 2. *Stade du bouquet.*

Ce nom a été donné par Eisen, 1900, à une étape de l'évolution des auxocytes, qu'il a rencontrée dans le *Batracoseps*. On verra que notre interprétation de cette étape diffère complétement de celle donnée par le savant américain. Malgré cela, nous désirons conserver le nom, et cela pour deux raisons. D'abord, nous désirons le moins possible encombrer le dictionnaire scientifique de néologismes et ensuite le nom fait image et représente assez bien le stade qu'il désigne et dont nous abordons maintenant la description.

A. développement de ce stade.

Dès que le peloton apparaît d'une façon quelque peu évidente, il subit dans les auxocytes une modification caractéristique qui ressemble à une sorte de peignage. On dirait qu'une force, dont il nous a été impossible de découvrir la cause matérielle, attire successivement vers un pôle du noyau un certain nombre d'anses du peloton. Ce phénomène commence déjà à se manifester dans la cellule de la fig. **31**. Trois anses sont déjà nettement ramenées contre la membrane nucléaire.

Ce peignage se produit toujours vers le côté de la cellule où le protoplasme est le plus abondant. Parfois, on trouve dans ce protoplasme un certain nombre de granules. Ils sont parfois au nombre de deux et sont géminés. D'autres fois, ils sont en plus grand nombre et très souvent il n'y en a pas du tout, fig. **30**. Il arrive que ces granules se trouvent *à peu près* au pôle du noyau, comme cela est le cas dans la fig. **31**. D'autres fois, ils se trouvent assez loin de ce pôle. Nous ferons valoir plus tard avec plus de détails les raisons que nous avons pour affirmer qu'il ne peut s'agir ici, *au moins en général*, des corpuscules centraux.

L'étrillement du peloton se poursuit lentement, tandis que le noyau et toute la cellule gagnent en volume. Nous en arrivons ainsi à des cellules analogues à celle de la fig. **30**. On y voit des anses en nombre beaucoup plus considérable ramenées vers le pôle du noyau. On observe déjà beaucoup mieux dans cette cellule la division longitudinale du filament nucléinien. On voit très bien sur cette figure comment les anses sont ramenées de la profondeur du noyau vers le pôle, à gauche de la figure.

A mesure que ce phénomène progresse, le pôle du noyau s'éclaircit, le côté opposé au pôle restant toujours beaucoup plus sombre.

On en arrive ainsi graduellement au stade du bouquet bien développé qui est représenté dans la fig. **32**. Déjà à ce stade, on pourrait croire que les

anses sont coupées au pôle. Il n'en est rien cependant. Un examen minutieux fait découvrir *dans tous les cas* qu'il y a encore continuité du filament total. La FIG. **35**, qui représente un détail d'une telle image, montre l'extrémité de quelques anses aux environs du pôle du noyau. Une anse, plus courte que les autres, y est entièrement visible.

Nous appelons en passant l'attention du lecteur sur la différence énorme qui existe entre les anses à ce stade. Celle qui est représentée en entier dans la FIG. **35** est extraordinairement réduite. D'autres prennent tout le pourtour du noyau et souvent même s'incurvent latéralement pour pouvoir se loger dans des limites trop étroites pour elles. Nous retrouverons cette différence remarquable entre les bâtonnets dans toute la suite du développement. Nous avons remarqué le même fait dans les spermatogonies, FIG. **53**.

Pendant tout le stade du bouquet, les anses restent en continuité par leurs extrémités et même après, au stade du peloton lâche, la division en chromosomes n'a pas encore eu lieu.

Plus on avance dans l'élaboration du stade du bouquet, plus le noyau se dégage. En même temps, les anses grossissent. Il s'agit-là, pensons-nous, d'un phénomène de nutrition et de remaniement de la nucléine du noyau.

Enfin, nous arrivons au stade du *bouquet parfait* qui est représenté dans la FIG. **55**. On y poursuit les anses sur toute leur longueur depuis leur départ du pôle, par leur incurvation, jusqu'au retour au même pôle. Ces anses sont libres sur toute leur longueur et indépendantes les unes des autres, sauf au pôle du noyau où elles se tiennent par leurs bouts.

Il arrive même qu'à un grossissement faible on les croirait complétement sectionnées, FIG. **34**. A un grossissement plus fort, on reconnaît toujours cependant que le peloton est resté continu.

Ce qui distingue le plus à ce stade du développement les auxocytes des spermatogonies, c'est ce fait que dans les spermatogonies les anses tournent la courbure de leur U du côté du pôle du noyau, FIG. **30**, tandis que dans les auxocytes c'est par leurs bouts ouverts que les U regardent le pôle, FIG. **55**. MONTGOMERY, 1900 (p. 333), a constaté le même fait dans le *Peripatus*.

Le développement complet de ce stade doit certainement prendre un temps considérable. Nous avons en ce moment devant les yeux une coupe de 4 mm. sur 2 mm. de surface, où on ne trouve que des auxocytes à divers stades du bouquet. A une extrémité de la coupe, on trouve quelques cystes avec des cinèses de spermatocytes de premier et de second ordre. Presque tout le testicule qui a donné cette coupe montrait la même structure.

B. DIVISION LONGITUDINALE.

La division longitudinale du filament nucléinien apparaît de très bonne heure, comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent. Dès qu'un filament bien net sort du magma du stade synapsis, il peut déjà se montrer divisé. Cette division commence par le clivage des granules de PFITZNER qui, à ce moment, sont extrêmement petits et semblent presque toujours simples, c'est-à-dire non composés d'éléments plus réduits ou chromioles. Cette division initiale se maintient à travers tout le développement du stade du bouquet. Quelques granules plus gros restent en retard. C'est ainsi que dans la petite anse de la FIG. **35** on remarque un granule qui n'a pas encore subi de division.

Les granules de PFITZNER sont très différents de volume dans tous les urodèles que nous avons eus sous les yeux. Certains d'entre eux sont des chromioles de EISEN. D'autres sont composés d'un certain nombre *très variable* de chromioles, parfois il y en a quatre, parfois six. D'autres enfin sont beaucoup plus grands et il est impossible de les résoudre, même sur les meilleures préparations et avec les meilleurs instruments d'optique.

Il y a plus. Il s'en faut que la division d'un granule soit toujours régulière. Généralement, quand on trouve une petite masse de nucléine d'un côté du filament, il en existe une autre de forme symétrique de l'autre côté. Parfois cependant, cette symétrie, par rapport à une ligne idéale qui passerait au milieu de l'élément nucléinien, n'est pas aussi parfaite que la théorie le voudrait. Il arrive qu'on trouve une masse assez développée d'un côté et que de l'autre côté on trouve deux masses plus petites. Ces irrégularités tiennent le plus souvent à la courbure du filament nucléinien.

La division s'accentue à mesure que la figure se développe. Le boyau qui contient les plaques de nucléine est d'abord lui-même très sidérophile. A mesure cependant que le noyau s'éclaircit et que les granules grossissent, le filament lui-même devient plus clair, jusqu'à ce que, à un stade très avancé, au stade du bouquet parfait, il se clive totalement sur la majeure partie de sa longueur, FIG. **4**, à droite et en bas.

Certains granules, parmi les plus gros, ne se divisent que fort tardivement. A ces endroits donc, le filament nucléinien reste longtemps indivis, FIG. **4**, même place. Cette remarque a son importance, comme nous le verrons quand il s'agira du stade du peloton lâche.

C. NOMBRE DES ANSES.

Il se présente maintenant une question qui a une grande importance pour l'intelligence des phénomènes préparatoires de la formation des chromosomes, c'est la question du nombre des anses qui constituent le stade du bouquet parfait.

Il est presque impossible de se faire une idée de ce nombre par l'examen latéral du bouquet, tel qu'il se présente dans les FIG. **4**, **32**, **55**. Les filaments, très rapprochés et parallèles, se projettent l'un sur l'autre et on ne peut les compter avec certitude. De plus, ils n'aboutissent pas tous exactement au pôle, comme on le voit très bien dans la FIG. **55**.

Il vaut mieux s'adresser pour cette numération à des cellules qui tournent leur pôle vers l'observateur. Dans ce cas, en installant le plan de la vue nette à l'endroit d'un grand cercle du noyau, on obtient une image comme celle de la FIG. **33**. Les anses sont coupées transversalement. Chacune de ces coupes est clairement divisée en deux. Nous retrouvons donc dans une telle coupe la section des deux filaments résultant de la division longitudinale du filament primitif. Ces deux filaments sont généralement inclus encore dans le substratum de plastine du boyau nucléinien. Dans un grand nombre de numérations, nous relevons surtout les chiffres 18, 22, 24 et 25. Le chiffre 18 est fréquent. Les chiffres dépassant 22 sont rares. Nous trouvons parfois très nettement 24. Parfois aussi, quoique rarement, nous avons le chiffre 25, FIG. **33**. Dans ce dernier cas, deux de ces filaments ne sont pas divisés en deux et sont très rapprochés; en faisant jouer la vis micrométrique, on les voit se réunir en *un filament* unique. Dans les cas où on ne trouve que 18 petits groupes en même temps dans un noyau, il suffit de faire jouer la vis de manière à s'éloigner du pôle du noyau pour voir apparaître d'autre filaments. Le plus souvent cependant à ce moment, plusieurs des groupes qui se voyaient d'abord se sont déjà réunis par des filaments traversant le noyau.

Dans le cas où 24 filaments doubles sont nettement visibles, le plan de la vision distincte coupe toutes les anses du noyau. Or, comme celles-ci ont deux branches, nous pouvons affirmer sans crainte de nous tromper *qu'il y a douze anses dans les auxocytes au stade du bouquet parfait.* Comme nous l'avons dit, ce cas est rare et cette rareté s'explique par ces deux raisons : 1° qu'il y a des anses très petites, FIG. **35**, et 2° que tous les bouts des anses n'aboutissent pas à un plan, mais s'arrêtent à la membrane du noyau à des niveaux très différents, FIG. **55**.

Il résulte de la description que nous avons faite du stade du bouquet que le filament nucléinien, incurvé en douze anses, ne viendra toucher la membrane du noyau du côté de son pôle qu'en douze points différents. Dans les noyaux qui sont au stade de la FIG. **30**, on peut parfois, quoique difficilement, compter les anses de cette manière. Quand ces mêmes noyaux ont été moins bien respectés lors de la fixation, cette numération est parfois moins difficile, FIG. **3**. Ce ne sont cependant que les aspects comme ceux de la FIG. **33**, qui nous ont pleinement satisfait et ont entraîné notre conviction.

Ce n'est pas seulement au pôle que les anses prennent contact et adhérence avec la membrane du noyau. Presque toutes sont intimement unies à cette membrane par une de leurs branches au moins, l'autre se trouvant dans la profondeur même du noyau. Quelques anses sont en contact avec la membrane du noyau sur toute leur longueur. C'est le cas pour quelques-unes des anses de la FIG. **55**.

Discussion de la description de EISEN, 1900.

Parmi les auteurs qui ont parlé de la spermatogénèse dans les urodèles, il n'y a guère que EISEN qui ait fait allusion au stade que nous venons de décrire. HERMANN l'a figuré en 1889, mais ne semble pas avoir attaché d'importance à ce stade.

MEVES, 1897, n'a qu'une figure du bouquet et il n'en dit presque rien.

La description que EISEN, 1900, donne du stade du bouquet est si différente de ce que nous trouvons dans le *triton* et dans la *salamandre*, que nous sommes tenté de croire que l'animal que cet auteur a étudié constitue un être, auquel il faudrait donner une place toute spéciale dans la classification.

Nucléoles.

Nous ne trouvons dans tout le développement du stade du bouquet rien qui réponde parfaitement à ce que EISEN appelle les chromoplastes.

On trouve des nucléoles plus ou moins intensément colorés. Parfois, ils ne prennent nullement le noir de HEIDENHAIN, FIG. **55**; d'autres fois, ils se colorent aussi intensément que la nucléine elle-même, FIG. **35**, en *n*; et on trouve toutes les étapes intermédiaires entre ces deux extrêmes. Nous renvoyons à ce propos aux pages que nous avons écrites concernant les nucléoles dans les cellules-mères primitives.

Il y a cependant ici une particularité sur laquelle nous désirons appeler

l'attention du lecteur, parce qu'elle nous fournira peut-être quelques données explicatives sur les figures d'Eisen. On trouve en *n*, fig. **31**, un nucléole bien noir qui se trouve aux environs immédiats de deux segments du peloton. Il touche à chacun de ces deux segments. La fig. **35** nous montre aussi en *n* deux anses en contact, plus intime cette fois, avec un nucléole sidérophile. Dans la fig. **30**, en *n*, le contact est devenu si intime que le nucléole s'en trouve déformé et presque divisé en deux. Jamais cependant, un tel nucléole ne fait vraiment corps avec les filaments, auxquels il se trouve temporairement réuni. — Nous nous demandons s'il ne s'agit pas de corps semblables dans les fig. 10, 19, 21, 22, 26, etc., de Eisen et que cet auteur considère comme des formations toutes spéciales, qu'il appelle chromoplastes.

Il est possible que ces nucléoles jouent un rôle dans l'arrangement du filament nucléinien, mais nous n'en savons rien.

Quant aux « endochromatic granules », nous pensons que ce sont ou bien des vacuoles de ces nucléoles ou bien, ce qui nous paraît plus probable, qu'ils sont le résultat d'une déshydratation imparfaite des préparations. Ce qui nous fait surtout admettre cette dernière manière de voir, c'est la réfringence extraordinaire de la partie centrale de certains nucléoles. Chaque fois que nous avons observé une telle réfringence, nous sommes parvenu à la faire disparaître en soumettant à nouveau la préparation à une déshydratation énergique. Or, Eisen insiste sur la réfringence de ses « endochromatic granules ».

Mais on ne peut pas donner à tous les chromoplastes de Eisen une telle interprétation. Aussi croyons-nous que cet auteur a rangé sous une même dénomination des choses très diverses. Qu'on nous permette de dire toute notre pensée. Le chromoplaste de sa fig. 12 est, à notre avis, un magma comme on en trouve souvent dans les tritons au stade du bouquet imparfait, fig. **30** et **32**, du côté opposé au pôle du noyau, donc à un endroit où le noyau est encore très chargé de matière sidérophile et où par conséquent toutes les parties organisées du noyau, élément nucléinien, caryoplasme et nucléoles, sont chargées de cette substance.

Si le lecteur veut bien se rappeler ce que nous avons dit du chlorure d'iridium comme agent fixateur, ce que nous disons ne lui paraîtra pas trop sévère.

Les » chromoplastes « de la fig. 13 de Eisen sont, à notre avis, certains granules de Pfitzner plus épais que les autres. On remarquera que

plusieurs des chromosomes de cette figure ne montrent pas de trace de ces prétendues formations particulières; d'autres, celui de gauche par exemple, n'ont qu'un chromoplaste; d'autres enfin en ont trois, fig. 15, en bas, à droite.

Remarquons en passant qu'aucun des cas que nous signalons ne répond à la théorie de EISEN (voyez les schémas, fig. 121 et 122).

La fig. 13 de EISEN répond *assez bien* au stade du bouquet parfait tel que nous le concevons, mais nous ne la considérons pas comme complète, ni *quant au nombre des chromosomes*, ni quant à l'avancement de la division longitudinale. Elle ressemble d'ailleurs à notre FIG. 4 qui, elle aussi, est incomplète.

Il arrive, quoique ce ne soit pas là un cas général, que vers le milieu des anses on trouve quelques granules de PFITZNER plus grands que les autres, FIG. 35. Nous nous sommes parfois demandé si cette partie du chromosome des auxocytes ne représenterait pas l'endroit où se serait faite la soudure de deux chromosomes des spermatogonies. Dans d'autres animaux, cette particularité est plus visible. Nous l'avons observée pour notre part dans le testicule de l'*Astacus fluviatilis*. Il est possible que dans le *Batracoseps*, étudié par EISEN, il en soit ainsi, et que EISEN ait nommé du nom de chromoplaste cette partie plus épaisse et plus colorée d'une anse nucléinienne. Dans ce cas, ses » chromoplastes « ne se trouveront pas *au bout* d'un bâtonnet, comme le veut l'auteur américain (p. 68 et explication des figures 25), mais au milieu d'une anse.

Il y a enfin une partie de la description de EISEN, à laquelle nous ne pouvons pas souscrire. D'après lui, en effet, p. 58, chaque » leader « ou chromosome n'est guère plus long que le diamètre du noyau et il est attaché par un de ses bouts à un » chromoplaste «, p. 27, tandis que par l'autre bout il vient se terminer librement du côté du pôle du noyau. Il n'y a donc que douze » leaders « ou chromosomes, qui viennent du fond du noyau vers son pôle, où ils se terminent librement (figure schématique de la p. 32, fig. 13, 14, 15).

Sans oser affirmer que cette conception est fautive, puisque nous n'avons pas eu de testicule de *Batracoseps* à notre disposition, nous devons affirmer que les choses se passent tout autrement dans les salamandrides.

Nous avons vu, en effet, qu'il y a 24 filaments divisés, qui descendent du fond du noyau vers son pôle. Seulement, nous avons fait remarquer que sur une vue latérale il est très difficile de se faire une idée exacte de ce nombre, parce que les bouts libres des anses en U sont encore réunis au

pôle. Si ces anses sont parallèles sur une certaine partie de leur trajet, on sera tenté de croire qu'il n'y a que 12 filaments qui arrivent au pôle du noyau.

Il serait bien étonnant que dans le même sous-ordre des salamandrines, dans deux familles voisines, on trouverait un écart si grand dans une partie importante du phénomène, quand pour tout le reste la ressemblance est frappante. Pour toutes ces raisons, nous inclinons à croire que l'interprétation de Eisen est fautive.

Quant aux figures 25, nous verrons qu'elles s'interprêtent facilement.

§ 3. *Stade de la segmentation du peloton en chromosomes.*

Les phénomènes que nous avons encore à décrire se passent très rapidement, surtout en comparaison de ceux qui se produisent durant la période du bouquet.

Au stade du bouquet, comme nous l'avons vu, les anses sont réunies entre elles par leurs bouts polaires. Elles y entrent en contact intime avec la membrane. D'autre part, les anses sont sur une partie de leur longueur en relation avec la membrane. *Elles montent, en règle générale, par la membrane jusqu'au fond du noyau et reviennent au pôle par l'intérieur du noyau.*

Cette disposition facilite, comme nous le verrons plus loin, la fragmentation du filament nucléinien.

La fig. **36**, *a*, nous montre un noyau à ce stade, observé du côté opposé au pôle. Les anses sont déjà franchement divisées. Les deux parties d'une même anse s'enroulent l'une autour de l'autre. Cet enroulement s'explique facilement, quand on pense quel était primitivement, fig. **30**, **32**, le degré de pelotonnement d'un de ces filaments. Par son raccourcissement, le filament en est venu à suivre une ligne presque droite au lieu d'une ligne tortueuse qu'il suivait primitivement. Il serait vraiment étonnant que les granules de Pfitzner se fussent divisés le long du filament primitif, de telle manière que quand celui-ci se trouverait redressé, les groupes de deux granules formassent deux lignes bien parallèles. Cet enroulement se voit aussi très bien dans les fig. **5**, **6**, **7**. Le même phénomène s'observe dans les liliacées, comme on peut le voir dans les travaux de Strassburger, 1888, Guignard, 1891, Mottier, Sargant, 1895, Guignard et Gregoire. D'ailleurs, Bretland Farmer et Moore ont déjà signalé cette ressemblance entre les phénomènes qui se passent dans les liliacées et dans les tritons, 1895, p. 78.

Nous attirons l'attention du lecteur sur l'arrangement de ces anses au fond du noyau. Arrivés à cet endroit, un certain nombre de filaments doubles quittent la membrane et s'en retournent par l'intérieur du noyau jusqu'au pôle. Il arrive souvent qu'en une plage peu étendue, FIG. **36**, *a*, un certain nombre d'anses se rencontrent. Dans le cas présent, nous en trouvons sept. Il est évident, pour quiconque a étudié des sujets aussi délicats, que si la fixation n'est pas parfaite, il se formera à cet endroit un empâtement, dans lequel il n'y aura pas moyen de reconnaître quoi que ce soit. D'ailleurs, sur des testicules fixés à la solution de GILSON ou de EISEN, il n'y a pas moyen de débrouiller le magma informe qu'on trouve à ce stade au fond du noyau. Nous sommes absolument persuadé que la fig. 24 de EISEN, 1900, représente assez fidèlement une telle figure complétement dégradée. D'après nous, le » chromoplaste « que EISEN décrit dans cette figure n'est rien autre chose que cette masse d'empâtement.

On sait depuis longtemps que le filament du peloton a une tendance au raccourcissement. Dès que le filament est formé, à un stade même antérieur au bouquet, FIG. **2**, ce raccourcissement commence à se produire. Mais c'est surtout après le stade du bouquet parfait que les effets de cette rétraction deviennent tangibles. Les filaments attachés du côté interne à la membrane nucléaire et rattachés entre eux à l'intérieur du noyau par les brides caryoplasmatiques se tendent de plus en plus par le fait de leur raccourcissement. La membrane du noyau obéit jusqu'à une certaine mesure à cette traction. Mais la turgescence du noyau assigne une limite à sa déformation.

Nous avons reproduit dans la FIG. **36**, *b*, un noyau d'un auxocyte à ce stade. La figure montre un plan médian du noyau passant par son pôle. Les lignes estompées représentent des filaments qui sortent de ce plan. On voit que tout est tendu dans ce noyau. On songe à un ballon enveloppé dans son filet. La comparaison n'est pas parfaite cependant, principalement parce que, ici, les filaments qui retiennent les parois sont fixés à l'intérieur et qu'un grand nombre d'entre eux abandonnent la paroi pour se réunir à l'intérieur de la cavité du noyau en quelques faisceaux, qui se dirigent vers le pôle où ils entrent à nouveau en relations avec la paroi.

A cette période du développement, il est difficile de retrouver la division longitudinale que nous avons vue se produire au stade du bouquet. Cependant, sur certains filaments moins serrés, FIG. **36**, *b*, et dans certains noyaux où le phénomène n'est pas encore arrivé aussi loin, FIG. **5**, on voit que cette

division a fait de grands progrès. La FIG. 5 est très démonstrative à ce point de vue. Elle montre avec la plus entière évidence que c'est bien la division des FIG. 31, 30, 32, 4, qui se poursuit.

Les figures comme 36, *b*, où la tension dont nous parlions plus haut se manifeste d'une manière évidente, ne sont pas rares. On trouve d'ailleurs tous les intermédiaires entre cette figure et le bouquet parfait. Il n'est pas commun cependant de rencontrer un noyau qui est assez parfaitement orienté pour pouvoir l'observer aussi bien que nous avons pu le faire pour la FIG. 36, *b*.

Les anses continuent à se raccourcir; la tension augmente et le peloton doit finir par céder. Il cédera aux endroits où il est le moins résistant. Or, il est bien évident que ces endroits sont ceux où les anses se reunissent au pôle. Le filament nucléinien est parfois si ténu à ces endroits qu'il faut toute l'attention de l'observateur pour trouver la connexion. La segmentation ne tarde donc plus à se produire. Elle est suivie d'une détente qui donne temporairement au noyau un aspect fané caractéristique. Nous avons tâché de reproduire cet aspect dans notre FIG. 36, *c*. Les anses ont cédé en plusieurs endroits et sont déjà beaucoup revenues sur elles-mêmes. Certaines d'entre elles semblent cependant encore bien tendues. Après peu de temps toutefois, la détente est complète et les chromosomes sont libres.

Les particularités que nous venons de décrire dans les deux paragraphes précédents n'ont pas, à notre connaissance, été signalées jusqu'à présent. Leur description comble heureusement une lacune très importante dans l'histoire de l'évolution des auxocytes.

§ 4. *Formation des groupes quaternes.*

Notre tâche se simplifie beaucoup maintenant. En effet, tous les auteurs, qui ont discuté les phénomènes qui se passent dans les chromosomes des auxocytes chez les urodèles depuis le stade de la segmentation jusqu'à la fin de la cinèse des spermatocytes de second ordre, sont unanimes pour dire qu'il se produit ici deux divisions longitudinales. C'est à MEVES, 1897, que revient l'honneur d'avoir mis ce fait en pleine lumière dans son beau travail sur les testicules de la salamandre. Depuis, les auteurs qui ont écrit sur les salamandres ou d'autres urodèles n'ont fait que confirmer les données du savant de Kiel. Déjà, FLEMMING en 1887 avait décrit les deux cinèses que nous appelons maintenant cinèses sexuelles. Il n'avait pas à cette époque indiqué exactement l'ordre suivant lequel les phénomènes se

déroulent, mais sa description et ses dessins sont absolument remarquables et on peut dire que c'est lui qui le premier a donné la clef des cinèses sexuelles. Ces travaux des deux savants de Kiel ont éclairci pleinement la question de la réduction dans la salamandre et ce que disait MEVES à la fin de son travail de 1897 reste toujours vrai : il n'y a pas place ici pour une division réductionnelle au sens weismannien.

C'est STRASSBURGER, 1895, qui, abandonnant son opinion de 1888 et se rapprochant de celle de FARMER, 1895, formula le premier une explication analogue pour les liliacées.

Cette explication peut être considérée maintenant comme définitive, surtout depuis que, dans le courant de la même année, en 1899, GUIGNARD, GRÉGOIRE et STRASSBURGER lui-même sont arrivés à des résultats complets et concordants sur des objets très variés.

Qu'il nous soit permis cependant d'appeler l'attention du lecteur sur certaines particularités qui n'ont pas été signalées jusqu'à présent dans les auxocytes et qui rapprochent davantage encore les cinèses polliniques et les cinèses des spermatocytes. Quelques-unes de ces particularités ont déjà été signalées par nous, 1900, dans une note préliminaire.

A. DEUXIÈME DIVISION LONGITUDINALE.

Au stade de la segmentation des chromosomes ou immédiatement avant que celle-ci se produise, le clivage longitudinal des bâtonnets est bien évident. Les granules qui résultent de la séparation des granules primitifs se correspondent nettement, FIG. **4** et **7**, dans deux filaments jumeaux.

A peine les chromosomes sont-ils bien individualisés qu'on peut observer un deuxième clivage, FIG. **8**, *b*, *c*. Ce stade correspond à ce qui a été signalé par SARGANT, GUIGNARD et GRÉGOIRE dans les liliacées. Le stade dont nous parlons correspond à la fig. 18 du travail de GUIGNARD, 1899, sur le *Najas*, à la fig. 10 de GRÉGOIRE sur le *Lilium* et aux fig. 173, 174, 175 de STRASSBURGER sur l'*Osmunda*. Dans les plantes, cette apparition est généralement fugitive, parce que les chromosomes deviennent rapidement homogènes. Dans les tritons, il nous a été donné de la poursuivre plus loin que dans les plantes. La FIG. **9**, surtout dans les chromosomes *a* et *c*, montre la double rangée de granules bien évidente. C'est à un stade analogue que cette particularité fut d'abord signalée par SARGANT, 1896, fig. 19, *a*, dans le *Lilium martagon*. Plus tard, cette division se devine plutôt qu'elle ne se voit. L'aspect bifide cependant des bouts libres des deux filaments enroulés

peut nous aider à la retrouver dans certaines circonstances, FIG. 10, *a*, *b*. Ensuite, les chromosomes deviennent si homogènes que tout vestige de la seconde division disparaît. Il ne nous reste plus qu'une indication dans les bouts doubles de certains chromosomes, FIG. 6, chromosome du milieu, bout de droite. Une fois, dans un auxocyte de salamandre déjà très avancé, nous avons retrouvé une division bien nette dans un anneau analogue à ceux de FLEMMING et MEVES, FIG. 22.

Il nous semble que nous sommes par ces observations suffisamment autorisé à dire que *les groupes quaternes, issus d'un chromosome divisé deux fois longitudinalement dans tous les granules, existent dans les urodèles depuis le stade de la segmentation du peloton.*

Nous ne pensons pas que nos devanciers aient observé les groupes quaternes à un stade aussi jeune dans les urodèles. En général, les auteurs ne parlent du deuxième clivage qu'aux anaphases des auxocytes. MEVES, 1897, ne voit d'ailleurs la *première* division longitudinale que lors de la segmentation en chromosomes

B. DERNIÈRES PROPHASES ET MÉTAPHASES DE LA PREMIÈRE CINÈSE SEXUELLE.

Dans la salamandre, lors des dernières prophases, les chromosomes se présentent souvent sous la forme d'anneaux, FIG. 22. Ces anneaux ont été décrits par FLEMMING, 1888, et ont été ensuite retrouvés dans beaucoup d'autres animaux par un grand nombre d'auteurs. MEVES, 1897, se demande si ces anneaux proviennent de ce que les deux parties du chromosome, résultant de la première division longitudinale, se sont resoudées à leurs bouts libres ou de ce que la division ne s'est pas complétement achevée. Les deux thèses peuvent se soutenir. Nous avons déjà insisté sur ce fait que quelques granules de PFITZNER ne se divisent que fort tardivement. Nous nous demandons si dans la FIG. 7 le granule supérieur du chromosome d'en bas a déjà subi cette division? D'autre part, dans la FIG. 8, *a*, les deux parties du granule supérieur, qui certainement a subi une division, sont si rapprochées qu'on ne serait pas étonné qu'une soudure se produisit dans la suite et qu'on obtint un chromosome analogue à celui de la FIG. 9 en *a*. Ces soudures sont fréquentes dans la salamandre, FIG. 22. Dans le triton, au contraire, elles sont rares, et plus rarement encore on la voit aux *deux bouts* d'un chromosome. La soudure d'un côté n'est pas très rare, FIG. 9, *a*, 12, *e* et *h*. BRETLAND FARMER et MOORE, 1895, avaient déjà

remarqué cette particularité et ils en tirent un parti assez heureux dans leur description.

Nous sommes persuadé que, dans le *Batracoseps* de Eisen, la soudure d'un côté est un fait assez commun et nous croyons que son chromoplaste du schéma de la p. 68, *e*, *f* et *g*, fig. 121 et 122, ainsi que de la fig. 37, n'est rien autre chose qu'une de ces soudures secondaires. Nous ne croyons pas que ce fait ait une importance quelconque.

Anneaux.

Nous nous demandons si les anneaux qui existent dans la salamandre sont les homologues de tous les anneaux qui ont été signalés par les auteurs?

Pour pouvoir répondre à cette question, voyons d'abord ce que c'est qu'un anneau dans la salamandre. Les anneaux de la fig. **22** proviennent sans aucun doute d'un filament primitivement unique et qui s'est clivé longitudinalement. Les deux bouts des filaments résultant de ce clivage sont soudés. Il se forme ainsi un anneau qui va se mettre au fuseau par le milieu du bâtonnet primitif. Ces filaments ont subi une deuxième division longitudinale indiquée seulement ici, fig. **22**, et qui s'achèvera aux anaphases de la première cinèse. De cette manière, on aura au pôle des V doubles aux télophases, fig. **23**.

Mais supposons à présent que les filaments ne se trouvent soudés que par un de leurs bouts, fig. **9**, *a;* supposons *de plus* que ce filament *se mette au fuseau par ses bouts libres*. Ce cas ne se présente jamais dans le triton, mais on le trouve réalisé dans le lis (Grégoire, fig. 18, *e* et *f*). Aux anaphases, ces filaments vont subir leur deuxième division longitudinale. Alors, pour peu que les bouts fixés aux filaments rétracteurs restent réunis, et avant que la première soudure ne se soit rompue, nous aurons un anneau, mais dont la signification sera toute différente.

Les V résultant de cet anneau ne deviendront pas doubles aux couronnes polaires, mais ils se couperont à leur pointe et ce sera de cette façon que la deuxième division longitudinale s'achèvera (voyez Grégoire, fig. 23 en haut et à droite). Dans chacun des grains de pollen définitifs ou dans chacune des spermatides, s'il s'agit d'un testicule, il entrera un quadrant d'un tel anneau et ce quadrant représentera un quart du filament primitif qui a subi deux divisions longitudinales.

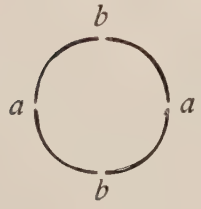
On peut se demander si ces derniers anneaux ne pourraient jamais exister *qu'aux anaphases*.

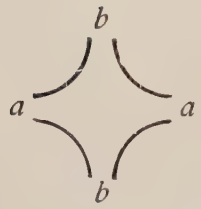
La première division longitudinale est très précoce. Supposons qu'elle se fasse aux dépens d'un bâtonnet, dont nous appellerons les deux bouts *a* et *b*. Le filament se divise de telle manière que les deux bâtonnets se séparent sur toute leur longueur, hormis du côté du bout *a*. Supposons que les deux branches s'ouvrent légèrement ; nous aurons un V dont la pointe représentera le bout *a* et les deux extrémités libres s'appelleront *b*, *b*,

comme nous le figurons ci-contre. Si à présent la deuxième division longitudinale se produit et si elle est perpendiculaire à la première, elle se fera dans le plan du V. Supposons que cette division commence en *a* et s'arrête avant d'avoir séparé complétement les bouts libres du V en *b*, *b*. Si maintenant les deux bouts *a*, *a*, ainsi formés, s'écartent,

nous aurons une apparence de V double dont tous les bouts seront soudés, ainsi qu'on le voit ci-contre. Si l'écart des *a* est assez fort pour amener les quatre bâtonnets dans le même plan, nous auront la figure de deux V se touchant par leurs extrémités et dont il faudra dénommer les pointes comme dans la figure suivante.

Pour peu que ce losange arrondisse ses côtés, nous aurons un anneau dont les quatre quartiers représenteront quatre parties longitudinales du bâtonnet primitif, comme l'indique la figure ci-contre. Si au contraire les côtés du losange s'infléchissent vers l'intérieur de la figure, nous obtiendrons une croix noire avec au milieu une division blanche en croix aussi, ainsi que le montre la figure suivante. Si dans la suite les quatre bâtonnets se raccourcissent, de manière à produire de petites sphérules, nous pouvons avoir des groupes quaternes typiques dont chaque granule représentera un quart longitudinal du bâtonnet primitif.





Nous prions le lecteur de vouloir bien jeter un coup d'œil sur les fig. 22, 23, 24, 25 du travail de Paulmier, 1899, et les fig. 12, 13, 14 du travail de M. Clung, 1900, et de nous dire si ces figures ne prouvent pas bien plus *contre* leur interprétation, qu'en sa faveur. Dans la fig. 23 surtout, on voit à gauche le stade du double V à pointes soudées et peu ouvert encore, à gauche les V presque complétement ouverts et enfin au milieu deux figures de losange. Ces dernières subissent dans la fig. 24 le recourbement de leurs côtés.

Nous nous hâtons de dire qus nous n'avons pas fait de préparations de l'*Anasa* et que par conséquent nous ne faisons qu'émettre une *hypothèse*.

Mais il ne manque pas d'autres faits qui donnent du poids à cette manière d'interpréter certaines figures à groupes quaternes très évidents. Nous ne pouvons que les indiquer ici en citant les fig. 67 III *b* et II *c* de Hæcker, 1895, les fig. 26, 28, 29 de vom Rath, 1895, les fig. *FF* et *JJ* de Hæcker, 1897, etc. La discusssion de ces stades sortirait trop du cadre que nous nous sommes tracé.

Mise au fuseau.

La différence qui existe entre les dispositions des bâtonnets à la couronne équatoriale dépend surtout de leur mise au fuseau.

Souvent, les filaments rétracteurs s'attachent au milieu du bâtonnet; on obtient alors des figures en anneaux très variables encore d'après la façon dont les bâtonnets sont accolés. S'ils sont enroulés de manière à se tenir à peu près de la même manière aux deux extrémités, on aura des anneaux presque parfaits, fig. **12**, *a* et *g*, vue de profil. Ce cas n'est pas si fréquent qu'on pourrait le croire. Le plus souvent, l'un des bouts se libère plus facilement que l'autre et il faut une traction assez forte pour libérer l'autre, fig. **12**, *e*, *h*, *i* et *j*.

Il arrive fréquemment aussi que les bâtonnets sont pris assez fort sur le côté, fig. **12**, *c*, *d*, *f*, fig. **11**, à droite. Dans ce dernier cas, il ne se formera pas d'anneaux, mais des figures déjà signalées par Flemming, 1888, et par Meves, 1897, fig. **12**, *l*, **13** et **37**, *c*.

C. GRANDEUR RELATIVE DES CHROMOSOMES.

Il y a un fait qui frappe quiconque regarde pour la première fois une métaphase d'auxocyte, c'est la différence énorme qui existe entre les chromosomes d'une même figure. Ce fait a été observé par Flemming, Meves et Mc Gregor dans les urodèles. Il suffit de jeter un coup d'œil sur nos figures pour reconnaître qu'il se présente aussi chez le triton. Les chromosomes, fig. **12**, *l* et *m*, se trouvaient dans la même couronne. Ceux de la fig. **37** proviennent du même auxocyte.

Il n'y a pas deux chromosomes qui aient la même dimension. Nous nous sommes demandé s'il n'y avait pas à ce point de vue une certaine régularité entre les figures, mais nous avons dû abandonner cette hypothèse. Certaines figures ont jusque trois chromosomes de très petite dimension; parfois, on n'en trouve que deux, souvent un seul. D'autres fois, les douze chromosomes sont plus ou moins égaux, quoique très différents de figure.

D'après la description de Eisen, 1900, il y aurait dans le *Batracoseps* douze chromosomes à peu près de même dimension. De plus, tous ces chromosomes renfermeraient le même nombre de « chromomères » ou granules de Pfitzner, soit environ douze. Chacun de ces granules se trouverait lui-même formé de six chromioles.

Nous ne trouvons rien de semblable dans les tritons. Les chromosomes ont des dimensions extrêmement différentes. Le nombre de granules de Pfitzner varie dans de grandes proportions d'un chromosome à l'autre. On trouve dans une même couronne équatoriale les chiffres suivants : 12, 8, 9, 10 et 6. De plus, il est rarement possible de faire cette numération, parce que très souvent *ces granules ont des dimensions très différentes.* C'est pour cette raison aussi que nous ne pensons pas que dans les tritons ces granules se composent toujours du même nombre de chromioles, fig. **37**.

D. anaphases dans les cinèses des auxocytes.

Flemming, 1888, et Meves, 1897, ont dit presque tout ce qu'il y a à dire concernant les anaphases dans les cinèses des auxocytes.

Les tritons présentent cependant un certain intérêt à ce stade, parce que aussi bien les bâtonnets qui résultent de la première que ceux qui se produisent lors de la deuxième division longitudinale sont tordus de manière à prendre plus ou moins l'aspect de cordes. Ce fait rend l'interprétation des figures parfois relativement difficile. Parfois, cette torsion est très marquée dans les dyades qui s'en vont aux pôles des auxocytes, fig. **11**, *à gauche*, fig. **13**, *b*. D'autres fois, cette torsion n'existe pas ou presque pas, fig. **13**, *a* (dont le bout libre inférieur a été coupé par le rasoir), **18**, *a* et *b*, et **37**.

Aux couronnes polaires, tous les chromosomes ont la forme de V doubles, qu'ils conserveront jusqu'aux métaphases des spermatocytes de second ordre, fig. **19** et **23**.

Il arrive qu'aux télophases tous les chromosomes se confondent en une masse informe, dans laquelle il est impossible de reconnaître quoi que ce soit (Meves, 1897, fig. 59 jusqu'à 67, et Eisen, 1900, fig. 58 à 61). Quand la fixation est bien réussie, ce fait ne se présente pas; quand, au contraire, la fixation est moins bonne, fig. **20** (solution Gilson), ce fait se présente toujours.

§ 5. *Quelques mots sur la figure fusoriale dans les spermatocytes.*

Entre la dernière cinèse des spermatogonies et la première cinèse des spermatocytes, il se passe un temps assez long. Aussi la sphère a-t-elle presque toujours le temps de se défaire complétement, de telle manière qu'au stade de la segmentation du peloton on n'en trouve plus de traces.

Quant aux corpuscules centraux, nous pensons qu'ils disparaissent aussi. Jusque vers les premiers stades du bouquet, il y a parfois moyen de retrouver au pôle des corpuscules géminés qui font songer à des corpuscules centraux; mais peu à peu ces apparences deviennent moins claires et on trouve de plus en plus de granules aux environs du pôle du noyau, FIG. **4**, **5**. Une fois enfin qu'on est arrivé au stade du bouquet parfait, FIG. **55**, surtout au stade de la segmentation, il existe au pôle du noyau un grand nombre de granules, dont les uns sont simples, FIG. **57**, **58**, et les autres doubles, FIG. **59**. Ces dernières figures sont très instructives et nous nous sommes demandé en vain lesquels parmi ces granules doubles pouvaient avoir à jouer un rôle particulier dans la cinèse. Nous trouvions souvent à ce stade trois ou quatre de ces groupes. Souvent aussi, un des chromosomes abandonne dans le protoplasme une partie de sa substance, qui y reste visible pendant un certain temps sous la forme d'une vésicule granuleuse, FIG. **58**, *b*, *c*, *e*. Nous rappelons ici ce que nous avons dit, à propos des cellules-mères primitives, de l'expulsion de granules de nature nucléinienne à travers la membrane du noyau dans le protoplasme cellulaire (p. 19). Nous remarquons que les auxocytes sont, comme les cellules-mères, des cellules qui se trouvent dans une période active d'anabolisme. Dans la cellule de la FIG. **56**, nous n'avons trouvé que deux paires de granules.

Nous insistons sur ce fait que, pendant cette longue période du bouquet jusqu'au stade de la segmentation, qui n'est représentée par aucune figure ni dans le travail de MEVES ni dans celui de Mc GRÉGOR, on trouve au pôle du noyau des granules multiples et très irrégulièrement distribués.

Après la segmentation du peloton, on voit apparaître deux asters tout à fait indépendants. On y remarque deux corpuscules polaires, FIG. **60**. On ne trouve pas plus de » Centralspindel « ici que dans les spermatogonies (contra HERMANN, 1891; voyez aussi notre p. 48). Dans des cas comme ceux de la FIG. **16**, on ne trouve que de très rares filaments qui passent d'un aster à l'autre et alors on voit sans trop de peine que ces filaments résultent de la soudure de deux filaments de deux asters primitivement distincts.

Souvent, les figures ne sont pas aussi régulières et on trouve beaucoup de granules aux deux pôles du fuseau, au moins tant que celui-ci n'est pas achevé. La FIG. **17** nous fournit un exemple typique de ce cas.

Une fois que le corpuscule polaire est bien formé, nous pensons qu'il se se maintient au moins jusqu'à la fin de la cinèse des spermatocytes de second ordre.

Dans une note préliminaire de EDWIN G. CONKLIN, 1901, nous trouvons plusieurs données qui sont en parfait accord avec notre description des centrosomes. Lors des premières prophases des cinèses sexuelles dans les œufs de *Crepidula* et d'autres gastéropodes marins, le centrosome apparaît comme un point si fin qu'on n'en voit pas la structure et qu'on ne pourrait le mesurer. Il se montre *dès ce moment entouré des rayons de l'aster qui arrivent jusqu'à lui.*

La sphère se développe ensuite à peu près comme celle du *Thysanozoon* étudiée par SCHOCKAERT, 1901. Pendant la fécondation, la pièce du milieu du spermatozoïde se fragmente et chaque morceau s'entoure d'irradiations absolument comme cela a lieu pour le corps résiduel du spermatozoïde d'*Ascaris* (CARNOY et LEBRUN, 1897[1]). Les » centrosomes « de la première segmentation n'y dérivent pas du spermatozoïde. Dans la grande sphère réticulée des divisions de segmentation, diagramme B 6, les centrosomes apparaissent comme des nœuds un peu plus puissants que les autres. Enfin, diagramme B 7, ce réseau se transforme et produira la figure fusoriale. C'est d'une façon abusive que CONKLIN donne à cette figure le nom de « central Spindel ». Elle démontre d'une façon par trop schématique peut-être que *le fuseau central de* HERMANN *n'existe ici en aucune façon dans les cinèses somatiques.*

Nous pensons avoir sous peu l'occasion de revenir sur cette description.

Nous avons dit à propos des spermatogonies qu'un seul filament, partant de chaque corpuscule central, se met en rapport avec chaque chromosome. Dans les auxocytes, chaque chromosome est rattaché au pôle de la figure par deux filaments ou deux groupes de filaments. Chaque moitié d'une dyade semble donc avoir déjà son filament rétracteur.

Ce fait a déjà été signalé souvent et a même servi à MONTGOMERY, 1900, d'argument en faveur de sa théorie de la réduction. Il nous semble qu'on peut donner à ce fait une explication plus obvie. Puisque les dyades existent déjà, comme nous l'avons vu, avant la mise au fuseau, il n'est pas

étonnant que chacune d'elles reçoive de son pôle respectif deux filaments différents. La division en chromosomes-*filles* n'est pas aussi avancée à l'*équateur* des spermatogonies, nous le savons, que la division en chromosomes-*petites*-filles à la *métaphase* des auxocytes.

Aux anaphases des spermatocytes de second ordre, on n'observe qu'un faisceau de filaments rétracteurs pour chaque chromosome.

Nous n'en disons pas davantage sur ces figures fusoriales, parce que, pour les autres détails de leur formation, nous devrions nécessairement répéter ce que nous avons dit dans la première partie de notre travail en traitant de la figure fusoriale.

Chapitre II.

Spermatocytes de second ordre.

En plein été, les deux cinèses des spermatocytes se suivent plus rapidement qu'au printemps; aussi les noyaux ne rentrent-ils aucunement à l'état de repos.

On peut voir alors, dans des cystes tout voisins, des stades du tonnelet de Flemming à côté de métaphases des spermatocytes de second ordre, fig. **24**. Or, il peut arriver que les bâtonnets de ces spermatocytes soient très courts et alors on a des chromosomes comme ceux de la fig. **41**. Les bâtonnets sont si courts ici que chaque branche des V n'est pas plus longue que large. De plus, ces deux branches ne sont souvent réunies que par un filament très fin à la pointe du V. Dans les fig. **41**, *a* et *b*, ces filaments à la pointe sont même quelque peu exagérés. En un mot, quand on n'a pas étudié très attentivement tous les stades d'une telle figure, on pourrait la considérer comme une cinèse à groupes quaternes. Nous sommes parfaitement persuadé que les fig. 8, 9, 10, de vom Rath, 1893, ont été faites d'après des spermatocytes de second ordre de ce genre. On comprend qu'il ne s'agit ici en aucune façon de groupes quaternes. Les véritables groupes quaternes, comme nous l'avons vu, se trouvent dans les prophases des divisions en tonnelets, fig. **9**, et aux premières anaphases de ces mêmes figures, fig. **11**, **13**, **18**, **37**.

Il ne peut pas s'agir davantage (contra vom Rath, 1893) de deux cinèses analogues à celles-ci, fig. **41**, dont l'une enverrait aux pôles des V en dyades composées de deux sphérules, et la deuxième des sphérules simples.

En effet : 1° dans ces cinèses, on trouve toujours deux V superposés à l'équateur. Jamais, les bâtonnets qui retournent aux pôles n'ont une forme droite ; jamais, ils ne sont formés que d'une seule sphérule.

2° Dans le noyau de la spermatide, qui se transforme en spermatozoïde, on reconnaît très aisément, dans les fixations parfaites, les anses des V de la dernière cinèse sexuelle.

Quand les cinèses se suivent rapidement, comme c'est le cas en été, on ne peut dire qu'il y ait un stade de repos quelconque entre les deux cinèses sexuelles. Mais au premier printemps, il n'en est pas ainsi ; le noyau se reforme complétement. Il arrive même que les V doubles des télophases des auxocytes, FIG. **19**, **23**, disparaissent. Nous ne pensons cependant pas que le peloton se reconstitue dans ces noyaux. Dans ces cas, en effet, dès que le noyau se remet en mouvement, on voit reparaître ces figures avec V doubles. Elles se montrent d'abord d'une manière confuse, FIG. **21**, ensuite d'une façon plus précise, FIG. **38**, et enfin d'une façon bien nette, FIG. **14**. On dirait que les deux V restent réunis aux mêmes places où ils étaient en relation aux anaphases des auxocytes. Il arrive ainsi que, dans quelques-uns des V doubles, les deux branches d'un côté sont plus courtes que celles de l'autre côté, FIG. **14**. Des anses de ce genre dérivent probablement de bâtonnets qui ne sont *pas* attachés au fuseau *par leur milieu*, FIG. **12**, *d*, **13**, *b* et **37**, *c*.

On ne peut pas dire qu'à ce moment, FIG. **39**, il existe vingt-quatre bâtonnets. Il existe en réalité douze couples de bâtonnets ou douze dyades. Nous pensons que l'homœotypie de FLEMMING ne se réalise jamais complétement.

A partir de ce moment, les figures sont d'une interprétation facile et on passe par des prophases, FIG. **39** et **40**, à une couronne équatoriale, rarement régulière.

Les bâtonnets remontent aux pôles d'une façon plus ou moins irrégulière, FIG. **24**.

Dans les noyaux des spermatides qui résultent de cette dernière division, les V restent visibles pendant très longtemps.

Nous terminons notre étude à ce stade, nous réservant, dans un travail ultérieur, d'étudier la transformation de la spermatide en spermatozoïde.

RÉSUMÉ ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES (1).

Les *cellules-mères* primitives des testicules sont les seules cellules qui puissent être considérées comme se trouvant à l'état de repos parfait au point de vue des phénomènes de la division. Aussi ces cellules ne renferment-elles dans leur protoplasme aucun corps, ni « sphère », ni corpuscule central, qui puisse être considéré comme un organite de division, p. 18. Ces cellules sont dans une période d'anabolisme actif, p. 20. Leur noyau a une forme très complexe. Les plis et les replis de sa membrane augmentent les points de contact de cette dernière avec le protoplasme de la cellule, p. 14. Aussi observe-t-on des échanges même de substances solides entre le noyau et le protoplasme de ces cellules. Des nucléoles plastiniens et des nucléoles sidérophiles, ainsi que des granules de nucléine, sortent du noyau en traversant sa membrane et passent dans le protoplasme, p. 15, 16, 19. Ces substances y servent de matière nutritive et s'y transforment en protoplasme réticulé, p. 30. Les cellules-mères ne peuvent donc en aucune façon être considérées comme des cellules en dégénérescence, p. 19.

Dans le protoplasme de ces cellules, comme aussi dans celui des premières cellules auxquelles elles donnent naissance, on trouve en outre des substances demi-liquides, qui sont probablement des lécithines ou des lécithalbumines, p. 32 et suiv. Ces formations n'ont rien de commun avec la « sphère », p. 30 et suiv. Les substances grasses dont il s'agit ici se trouvent surtout dans les environs immédiats du noyau, p. 39. Leur origine ne nous paraît pas douteuse. Certaines parties de l'élément nucléinien se montrent formées par des matières graisseuses, p. 34; de plus, certains nucléoles parmi les plus petits, formés en partie de nucléines, p. 35, renferment parfois de fortes quantités de ces graisses phosphorées, p. 35.

Les *spermatogonies de second ordre* sont toutes celles qui dérivent des cellules-mères primitives. Les premières générations de spermatogonies donnent naissance à des cellules qui, par leurs caractères généraux, se rapprochent encore beaucoup des cellules-mères, p. 29. Leur protoplasme est abondant et on y retrouve les granules de vitelline que nous avons signalés dans les cellules-mères, p. 30. Ces granules cependant se résolvent bientôt et servent à la nutrition du réseau protoplasmique. Leur noyau a une forme

(1) Ces considérations générales ont été déposées le 30 août 1901.
Note de la Rédaction.

de boudin plus ou moins étranglé, d'anneau complet ou de fer à cheval. Dans la suite des générations, ces divers caractères se perdent et on en arrive enfin aux petites spermatogonies à noyaux sphériques, dont le protoplasme est extrêmement réduit, p. 36. Toutes ces spermatogonies ont certains caractères communs, p. 36. Dans leur noyau, l'élément nucléinien est représenté par un certain nombre de blocs anguleux, réunis le plus souvent entre eux par des filaments plus ou moins fins et incolores, p. 37. On trouve des nucléoles dans ces noyaux et le caryoplasme y est souvent évident. D'autres fois, ce protoplasme nucléaire se reconnaît plus difficilement, p. 38.

Dans le protoplasme cellulaire, on trouve presque toujours une partie plus dense et plus colorable, plus ou moins bien limitée : la »sphère« des auteurs, p. 40. Les formes les plus diverses de cette partie plus ou moins modifiée du protoplasme s'interprètent toutes d'une façon très obvie, si on considère la »sphère« comme un reste de la figure fusoriale de la dernière division, p. 42 et suivantes. Il n'y a donc pas lieu de lui réserver un nom spécial.

Dans la sphère, on trouve souvent des granules sidérophiles entourés ou non d'une auréole, p. 44. Des granules analogues, simples ou géminés, se trouvent aussi dans le protoplasme nullement différencié. Ils peuvent être nombreux et absolument semblables, p. 45. Dans ce cas, il est impossible de dire lequel de ces corpuscules ou groupe de corpuscules deviendra le corpuscule polaire de la cinèse suivante. Nous pensons que l'aster se formera autour de l'un quelconque de ces corps. Ils y sont moins encore qu'une cause occasionnelle de la formation des asters, p. 46.

A l'état de repos complet, les spermatogonies, comme aussi les spermatocytes, ne renferment pas de corpuscules centraux proprement dits, p. 25 et 46. Dans de telles cellules, les asters se forment ou bien librement dans le protoplasme indifférent, par l'orientation des trabécules vers deux points, ou bien autour de certains corpuscules préexistants, qui serviront, dans ce cas, de points d'attache. Dans le premier cas, il peut y avoir transitoirement un grand nombre d'asters, p. 51. Ceux-ci auront une existence éphémère et serviront à produire de proche en proche une orientation de tout le protoplasme cellulaire vers deux points ou deux plages très réduites situés à deux pôles opposés de la cellule. A ces pôles, il se produira à l'état vivant, et surtout lors de la fixation, une petite masse ou un petit nombre de masses d'empâtement, p. 25 et 55. Ces petites masses pourront se maintenir d'une division à la suivante. Nous les appelons les corpuscules centraux.

Les asters se forment sous l'influence de certains facteurs encore mal connus, probablement de nature chimique, p. 23. Quand les divisions se suivent rapidement, comme cela est le cas pour les spermatogonies, surtout à la fin du printemps, les asters d'une division peuvent déjà prendre naissance et commencer à s'identifier, bien avant que cette division s'annonce. C'est ainsi qu'on trouve parfois les asters d'une division ébauchés à la couronne polaire de la division précédente, p. 55. Il y a plus; la toute première ébauche des asters-petits-fils peut déjà se faire avant la formation complète des asters-fils, p. 47.

Dans aucun cas, lors de leur éloignement, les asters ou leurs corpuscules centraux n'ont de liaison directe l'un avec l'autre, p. 50. Les rayons qui en partent restent en continuité avec le réseau protoplasmatique. La théorie du *fuseau central* n'est donc pas admissible, p. 48.

La division cinétique des spermatogonies s'annonce par un phénomène caractéristique portant sur leur élément nucléinien. Les blocs de nucléine se résolvent, p. 55, c'est-à-dire que dans chacun de ces blocs il apparaît un élément nucléinien nouveau, un filament, qui sera une partie du peloton en formation. Ce filament nouveau se montre pour la première fois aux télophases de la division précédente, p. 57. C'est probablement à ce moment qu'il prend naissance. Durant tout le temps qui s'écoule depuis ces télophases jusqu'aux prophases de la nouvelle division, il se nourrit et s'accroît, p. 60. S'il ne reste pas visible pendant ce temps relativement long, c'est que dans les blocs qui constituent la seule partie sidérophile de l'élément nucléinien, il est entouré de toutes parts d'un liquide aussi nucléinien que lui-même et qui nous empêche de le déceler. Les filaments difficilement colorables qui unissent les blocs sont des parties de l'élément nucléinien dépourvues de nucléine, réduites à la seule gaîne de plastine dont les parois se sont accollées. Lors de la résolution des blocs, la nucléine se répartit plus uniformément tout le long du nouveau filament qui s'est *formé*, *développé* et *nourri* pendant la période de repos et le nouveau peloton devient libre par la disparition de la gaîne de plastine de l'ancien élément nucléinien. A chacune des nombreuses divisions des spermatogonies, il se produit donc un élément nucléinien de nouvelle formation. Ce nouvel élément se forme sous l'influence, dans la masse et en partie aux dépens de l'ancien élément. Nous rapprochons ces phénomènes de ce qui se passe dans le développement des œufs des batraciens, les homologues des spermatogonies. Les nucléoles nucléiniens qu'on trouve dans ces œufs sont les homologues des blocs nucléiniens qu'on trouve dans les spermatogonies. On sait que ces nucléoles

se résolvent tantôt en filaments pelotonnés, comme ceux que nous trouvons dans les spermatogonies, tantôt par d'autres méthodes qui ont été longuement et minutieusement décrites par Carnoy et Lebrun. Ces résolutions agrandissent considérablement l'élément nucléinien; mais comme les phénomènes de la division ainsi commencés ne continuent pas, toute la masse de nucléine qui s'est formée reste dans l'œuf et en augmente le volume. Le phénomène d'anabolisme n'a pas ici comme conséquence la division de la cellule, mais tend tout simplement à augmenter la masse d'une seule cellule. On pourrait dire encore que dans les ovogonies les phénomènes de division cinétique continuent à se manifester pendant la période d'accroissement de l'œuf, mais qu'ils se limitent au stade du peloton, les autres mouvements tant de l'élément nucléinien que du protoplasme ne suivant pas ce premier commencement de division cellulaire. Cette dernière remarque a son importance, parce qu'elle tend à démontrer que la partie qui entre la première en mouvement lors de la division cellulaire n'est pas le protoplasme ni aucune de ses parties (sphère ou centrosome), mais bien l'élément nucléinien enfermé dans le noyau. L'œuf entièrement développé correspond donc à toutes les spermatogonies qui se trouvent dans un même cyste et résultent de la multiplication d'une seule cellule-mère primitive. L'œuf a gagné en volume par un procédé d'anabolisme, de matière nucléinienne principalement, de tout point analogue à celui qui a produit les nombreuses divisions cinétiques ayant donné naissance à toutes les spermatogonies d'un même cyste. Cette remarque montre une fois de plus quels rapports étroits il existe entre les phénomènes chimiques de métabolisme ou de nutrition et les phénomènes physiques de division cellulaire ou de multiplication dont la cellule est le siège. L'activité cellulaire est une, et seul le besoin de méthode dans l'exposition scientifique de ce que l'observation nous en révèle nous force à y distinguer diverses activités plus ou moins indépendantes.

Suivant Montgomery, l'élément nucléinien garderait son individualité à travers toutes les divisions cellulaires. Si l'on entend par là que les plaques de nucléine ou granules de Pfitzner qui se clivent à l'équateur d'une division se diviseraient une seconde fois à la division suivante, nous ne pouvons en aucune manière admettre cette proposition. En effet, comme nous l'avons déjà dit, à chaque étape de repos entre deux divisions successives, un nouvel élément nucléinien s'élabore à l'intérieur de l'ancien. L'hypothèse de la permanence des granules de Pfitzner à travers toutes les

divisions, - - idée si chère à l'école Weismannienne, — est donc complétement controuvée. Nous pensons toutefois que la manière de voir de MONTGOMERY est digne de fixer l'attention des biologistes. Nous trouvons qu'aux télophases les V des couronnes polaires se resoudent par leurs bouts libres, p. 58, de manière à constituer un élément unique. Les soudures qui apparaissent à ce moment, existaient-elles pendant les stades précédents? Nous ne sommes pas parvenu à résoudre cette question d'une façon complète. Au stade de la couronne équatoriale, nous ne voyons aucune trace d'union, p. 62. Mais il y a des moments où l'élément nucléinien semble scindé et où cependant il est certainement continu, p. 59. Donc, la théorie de MONTGOMERY ne se trouve pas renversée par cette observation négative. D'ailleurs, nous poursuivons les traces d'union entre les chromosomes à peu près jusqu'au stade de la mise au fuseau, p. 61. On peut donc considérer cette théorie comme probable, mais non absolument démontrée (voyez aussi p. 37 et suivantes).

Dans l'étude des *cinèses sexuelles*, nous nous sommes surtout occupé de scruter les phénomènes qui se passent dans les auxocytes avant la première de ces cinèses. L'auxocyte, après la dernière division des spermatogonies, rentre à l'état de repos et se présente absolument comme une spermatogonie à noyau sphérique. Mais bientôt, un phénomène particulier aux auxocytes se manifeste. Tout le noyau est envahi par de la nucléine dissoute, de telle manière que le noyau se colore entièrement en noir par la laque d'HEIDENHAIN, p. 66. Les blocs disparaissent, au moins en partie, dans cette masse, de telle sorte qu'il devient difficile de dire si le nouvel élément nucléinien se forme totalement dans ces blocs, ou bien s'il y a un remaniement plus complet et formation d'un élément nucléinien nouveau de toutes pièces, p. 68. Dans tous les cas où les blocs restent visibles, on y retrouve des résolutions analogues à celles des spermatogonies, mais plus complexes. On pourrait donc dire qu'ici la gaîne de plastine de l'élément nucléinien des dernières spermatogonies a disparu plus tôt que d'ordinaire, à cause de l'anabolisme plus puissant des auxocytes et que par ce fait tout le noyau a été envahi par la nucléine diffuse, au milieu de laquelle s'élabore actuellement le nouvel élément nucléinien. Les résolutions sont ici beaucoup plus complexes. Nous remarquons souvent dans les filaments qui en sortent d'autres filaments plus grêles et enroulés en tire-bouchons. Il se produit donc déjà une résolution dans les filaments qui ont fait leur apparition aux télophases des dernières spermatogonies (voyez l'explication de la FIG. **29**).

Cette interprétation des phénomènes est en harmonie avec la théorie que nous avons émise plus haut. En effet, il s'agit ici de cellules qui sont dans une période de puissante nutrition et surtout d'abondante production de substance nucléinienne. Les résolutions se suivent donc rapidement et déjà le filament à peine sorti d'un bloc de la dernière spermatogonie subit une deuxième résolution. La nucléine dissoute dans les blocs est libérée par la disparition hâtive de la gaîne de plastine. Tout le noyau est envahi par cette substance. De cette manière, il se produit un mélange parfait de toutes les nucléines des diverses sections de l'élément nucléinien; les diverses parties du peloton s'élaboreront donc sous l'influence de facteurs identiques, et il ne pourra plus être question d'attribuer des qualités héréditaires différentes à ces diverses sections.

Pendant que ces phénomènes se passent dans les auxocytes, ceux-ci deviennent très sensibles aux réactifs, p. 68. Tout le contenu du noyau peut subir une contraction, qui ramasse toute sa substance d'un côté du noyau. Cette étape a été décrite sous le nom de stade du synapsis, p. 66. Il sort de la masse de rétraction des filaments qui restent rattachés à la membrane nucléaire. Ces filaments rentrent dans cette masse parfois à une petite distance de leur endroit de sortie, mais le plus souvent à une assez forte distance de cet endroit, p. 69. Quand la fixation est bien réussie, le peloton apparaît très nettement à ce moment, p. 68. Diverses de ses anses subissent une attraction vers un côté de la cellule que nous appelons son pôle. Cet étrillement du noyau tend à produire le stade du bouquet, p. 71. Durant tout ce stade, le peloton reste entier, p. 72. Lors de son plein développement, le bouquet est formé de douze anses, dont les extrémités aboutissent au pôle du noyau et y sont soudées. En d'autres mots, il arrive au pôle du noyau vingt-quatre filaments qui constituent les branches des douze anses du bouquet, p. 74. Ces anses ont des dimensions très différentes, p. 72.

Dès que le peloton apparaît, on peut y distinguer des granules plus ou moins réguliers, qui sont les granules de Pfitzner. Ces granules ne sont, à notre avis, rien autre chose qu'une sorte de cristalloïde de nucléine. A mesure que les nucléines et les nucléo-albumines se produisent et se concentrent dans le boyau nucléinien, ces cristallisations deviennent plus abondantes et gagnent en volume. En même temps, le noyau et le boyau nucléinien s'éclaircissent. Plusieurs de ces concrétions plus ou moins bien formées se montrent composées de granulations plus fines ou chromioles. Les granules de Pfitzner sont de volume et de composition très variés, p. 73.

Le filament du peloton subit de très bonne heure un commencement de division longitudinale. Ce phénomène constitue la caractéristique principale des cinèses sexuelles, p. 73. C'est au clivage des granules de Pfitzner qu'on reconnaît le mieux le commencement de ce phénomène, p. 70 et 73. Parfois ce clivage, résultat de l'étranglement longitudinal du boyau nucléinien, sépare deux moitiés bien régulièrement symétriques; mais très souvent, la symétrie est loin d'être idéale. Certains granules, sans doute plus grands et plus compacts, s'opposent plus longtemps que les autres à la division complète. A ces endroits, les deux filaments restent parfois très longtemps réunis. Tandis que la première division longitudinale se poursuit, le peloton se raccourcit et en même temps les deux filaments subissent un enroulement.

Les anses sont normalement accollées à la membrane nucléaire par une de leurs branches, l'autre étant libre dans la cavité du noyau, p. 78. Par suite du raccourcissement du peloton, ce système produit, dans le noyau en turgescence, une tension de toutes les parties, p. 79. Le peloton cède bientôt à cette tension toujours grandissante et se segmente au pôle du noyau, aux extrémités des anses du bouquet.

Cette manière de se segmenter du peloton est particulière aux auxocytes. On ne trouve rien de semblable dans les spermatogonies. Là, le peloton, s'il se segmente véritablement, le fait sans aucun effort, à ces endroits de préélection, qu'on retrouve depuis bien longtemps avant la segmentation. De plus, les anses ont leur côté courbe tourné du côté du pôle. La mise au fuseau se fera sans rien de plus. — Ici, au contraire, la segmentation se produit d'une façon violente. C'est comme si la cellule avait affaire à un peloton nouveau, qui n'a pas encore subi de segmentation. Certainement là où se produit la segmentation, le peloton n'a pas encore été sectionné. De plus, les anses du peloton tournent leur courbure du côté opposé au pôle et il leur faudra exécuter une rotation de 180° pour pouvoir se mettre au fuseau.

Immédiatement après cette segmentation en chromosomes, on voit apparaître, dans les filaments enroulés, une deuxième division longitudinale, qui nous met en présence, à ce stade si précoce, des groupes quaternes des cinèses sexuelles, p. 81. Dans les tritons, les deux dyades ne deviennent pas toujours ou ne restent pas complétement libres, p. 82. Très souvent, on observe une soudure à une de leurs extrémités, p. 83. Rarement, les bâtonnets se mettent au fuseau exactement en leur milieu, jamais à leur extrémité, p. 85.

Il y a une différence énorme entre les dimensions des divers chromosomes et le nombre de granules de Pfitzner qu'ils renferment, p. 85.

Le protoplasme des auxocytes, au commencement de la longue période de leur évolution, p. 72, renferme encore des restes du fuseau de la dernière division des spermatogonies et l'on y trouve à ce moment des granules qu'on pourrait considérer comme corpuscules centraux. Cependant, vers le stade du bouquet parfait, toute trace de « sphère » ou de « centrosome » a disparu. On trouve à ce moment au pôle de la cellule de nombreux granules géminés et des productions qui doivent leur origine à des parties de l'élément nucléinien sorties du noyau, p. 87. Les asters, comme toute la figure fusoriale, se formeront donc, ou bien librement dans le protoplasme, ou bien autour de certains des granules préexistants, comme lors de la première figure des spermatogonies.

La figure fusoriale des cinèses sexuelles présente cette particularité que chaque chromosome y est rattaché aux asters par deux groupes de filaments rétracteurs, p. 88. Chaque V qui va retourner aux pôles est en effet double et est en réalité une dyade, p, 86. — Les deux parties de cette dyade, formant donc chacune le quart d'un seul chromosome de l'auxocyte, se sépareront à l'équateur des spermatocytes de second ordre, pp. 89 et 90.

On le voit, la première division des auxocytes est double dans toutes ses parties. Elle renferme deux divisions cinétiques superposées, se compénétrant dans toutes leurs parties. C'est bien là, nous pouvons l'affirmer, ce qui se dégage en toute évidence de cette partie de notre travail. On trouve au commencement deux résolutions superposées. L'une, résolution des blocs des spermatogonies, donne naissance à un peloton, qui lui-même subit immédiatement une deuxième résolution. Le peloton subit deux divisions longitudinales, toutes deux beaucoup plus précoces que celles des spermatogonies. Les chromosomes, au lieu d'être rattachés à chaque pôle de la figure par *un* ou *un* groupe de filaments rétracteurs, sont rattachés aux asters par deux groupes de filaments. Aussi, la deuxième cinèse sexuelle n'est-elle tout simplement que le complément, l'achèvement de la première. Il ne se reforme pas de véritables blocs. Il n'y a pas de résolution. Les V doubles reparaissent et voilà tout. Tout dans cette cinèse double a pour but de faire en sorte que *les quatre parties du peloton primitif soient aussi semblables que possible.*

LISTE DES AUTEURS CITÉS.

	PRO	et CONTRA.
Atkinson, Ges. F., 1899 : On reduction in plants; Botanical Gazette, vol. 28, nº 2, July.	63	
Bang, Ivar, 1901 : Chemische und physiologische Studien über die Guanylsäure, I. Theil; Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. phys. Chem., Bd. XXXI.	32	
Bellonci, Giuseppe, 1886 : Sui nuclei polimorfi delle cellule sessuali degli anfibi. Bologna.		19
Bolles Lee & Henneguy, 1896 : Traité des méthodes techniques de l'anatomie microscopique.	9	
Bolles Lee, 1895 : La régression du fuseau caryocinétique : le corps problématique de PLATNER, etc.; La Cellule, XI, 1.	40	
Id. 1896 : Sur le Nebenkern et la formation du fuseau dans les spermatocytes des *Helix*; La Cellule, XI, 2.	40	
Id. 1897 : Les cinèses spermatogénétiques chez l'*Helix pomatia;* La Cellule, XIII, 1.	26, 27, 44, 65	
Boveri, 1901 : Zellenstudien.		27
J. Bretland Farmer : On the essential similities existing between the heterotype nuclear division in animals and plants; Anat. Anz., Bd. XI, nº 3.	78, 82	
& J. E. S. Moore, 1895		
Carnoy, 1884 : La biologie cellulaire.	15, 17, 23, 62	
» 1885 : La cytodiérèse de l'œuf; La Cellule, II.	27, 52	

	PRO	CONTRA
J. B. Carnoy & H. Lebrun, 1897 : I. La fécondation chez l'*Ascaris megalocephala;* La Cellule, t. XIII.	24, 88	
Id. 1897 : II. La vésicule germinative et les globules polaires chez les batraciens. Premier mémoire; La Cellule, t. 12.	15, 17, 56, 57	
Id. 1898 : Idem. Second mémoire ; La Cellule, t. 14.	55	
Id. 1899 : Idem. Troisième mémoire; La Cellule. t. 15.	65	
Conklin, Edwin G., 1901 : Centrosome and sphere in the maturation, fertilisation and cleavage of Crepidula ; Anat. Anz., April.	88	88
Delage, Yves, 1898 : Embryons sans noyau maternel; Compt. Rend.		23
Id. 1899[1]: Études sur la mérogonie; Arch. de zool. expér. et gén., t. 7, n° 3.		23
Id. 1899[2]: La fécondation mérogonique et ses résultats; Compt. R., oct.		23
Dixon, 1895-1896 : On the chromosomes of *Lilium longiflorum;* Proc. of the royal Irish Acad., vol. 3.		69
Drude, 1900 : Lehrbuch der Optik ; Leipzig.	11	
Drüner, 1895 : Studien über Mechanismus der Zelltheilung; Jen. Zeitschr.		22, 41, 49
Eisen, 1899 : Spermatogenesis of *Batrachoseps;* Journal of Morphology, September.	13, 17, 27, 41 43, 70, 75	9, 14, 15, 22 41, 49, 73, 75 79, 83, 85, 86
Farmer, 1895 : Ueber Kerntheilung in *Lilium* Antheren... ; Flora, heft 1.	81	
Fischer, Alfred, 1900 : Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas; Jena.	8	25
Flemming, 1882 : Zellsubstanz, Kern- und Zelltheilung ; Leipzig.	21, 54	54
Id. 1887 : Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle ; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 29.	85, 86	30, 65, 90
Id. 1891 : Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle, II. Theil ; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 37.	49, 80, 82	

	PRO	CONTRA
Grégoire, 1899 : Les cinèses polliniques chez les liliacées ; La Cellule, t. XVI.	78, 81, 83	
Guignard, 1891 : Nouvelles études sur la fécondation ; Ann. des Sciences naturelles. — Botanique.	78	
Id. 1899 : Archives d'anatomie microscop.	78, 81	
Häcker, 1895 : Die Vorstadien der Eireifung ; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 45.		67, 85
Id. 1897 : Ueber weitere Uebereinstimmungen zwischen den Fortpflanzungsvorgängen der Tiere und Pflanzen ; Biol. Centralbl., Bd. XVII, n° 19 et 20.		85
Heidenhain, 1894 : Neue Untersuchungen über die Centralkörper und ihre Beziehung zum Kern- und Zellprotoplasma ; Arch. f. mikr. Anat.	27, 28	22, 41
Hermann, 1889 : Beiträge zur Histologie des Hodens ; Arch. f. mikr. Anat.	20, 75	12
Id. 1891 : Beitrag zur Lehre von der Entstehung der karyokinetischen Spindel ; Arch. f. mikr. Anat., Bd 37.	21	48
R. Hertwig, 1895 : Ueber Centrosoma und Centralspindel ; Sitz. Ber. Ges. Morph. u. Physiol., München.	23, 45	
Id. 1896 : Ueber die Entwickelung des unbefruchteten Seeigeleies ; Festschr. f. Gegenbauer.	23, 45	
Janssens, Fr. A., 1900 : Rapprochements entre les cinèses polliniques et les cinèses sexuelles dans le testicule des Tritons ; Anatom. Anzeiger, Bd. XVII, Mars.	81	
Mac Clung, 1900 : The spermatocyte divisions of the *Acrididæ* ; The Kansas University Quaterly, January.		84
Mac Gregor, 1899 : The spermatogenesis of Amphiuma ; Journ. of Morphology, December.	13, 14, 18 22, 37, 85	37, 49, 87
Mead, 1895 : Some observations on the maturation and fecundation in		

	PRO	CONTRA
Chætopterus pergamentaceus Cuv.; Journ. of Morph., vol. X, nº 1.	23, 45	
Mead, 1898 : The origin and behaviour of the Centrosomes in the Annelid-egg; Journal of Morphology, XIV, 2.	23, 45	
Meves, 1891 : Ueber amitotische Kerntheilung in den Spermatogonien des Salamanders und Verhalten der Attraktionssphäre bei derselben; Anat. Anzeiger.	21	67
Id. 1893 : Ueber eine Art der Entstehung ringförmiger Kerne und die bei ihnen zu beobachtenden Lagen und Gestalten der Attractionssphäre; Inaug. Diss., Kiel.	21	30
Id. 1895 : Ueber eine Metamorphose der Attractionssphäre in den Spermatogonien; Arch. für mikr. Anat., 44.	13, 16, 18, 20 21, 22, 32, 43	12, 18, 30 31, 32, 36
Id. 1897 : Ueber die Entwickelung der männlichen Geschlechtszellen; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 48.	22, 35, 37 43, 75, 80 82, 85, 86	12, 30 49, 65 82, 86, 87
Montgomery, jr. Thos. H., 1900 : Spermatogenesis of Peripatus *(Peripatopsis)* Balfouri up to the formation of the spermatid; Zool. Jahrbücher, December.	18, 22, 60 62, 63, 72	62, 64, 88
Moore, 1893 : On the relationships and role of the archoplasm during mitosis in larvar Salamander; Quatr. Journal micr. Science, vol. 34.	58	
Moore, J. E. S., 1895 : On the structural changes in the reproductive cells during the spermatogenesis of Elasmobranchs; Quatr. Journ. of micr. Sc., vol. 38.	67	65
Morgan, 1896 : On the production of artificial archoplasmic centres; Rept. of the Am. morph. Soc., Science, III, January.	23, 45	

	PRO	CONTRA
Morgan, 1899 : The action of salt-solutions on the unfertilized and fertilized eggs of *Arbacia* and other animals; Arch. f. Entwickelungsmechanic, VIII, 3.	23, 25, 45	
Nicolas, 1892[1]: Les sphères attractives et le fuseau achromatique dans le testicule adulte, dans la glande génitale et le rein embryonnaire de la Salamandre; C. R. de la Soc. de Biol.		22
Id. 1892[2]: Les spermatogonies chez la Salamandre d'hiver; C. R. de la Soc de biol.	19, 31	
Nussbaum, 1890 : Zur Differencirung des Geschlechts im Thierreich; Arch. f. mikr. Anat.	20	
Ost, 1895 : Chemiker Zeitung, p. 1784-85 et 1829-1830.	11	
Paulmier, 1899 : The spermatogenesis of *Anasa tristis;* Journal of Morphol., Dec.	24	84
Prenant, 1901 : E. Giglio Tos. Les problèmes de la vie; Revue gén. des Sc. pures et appl., 15 mars.	7, 8	
Rawitz, 1895 : Centrosoma und Attraktionssphäre in der ruhenden Zelle des Salamanderhodens; Arch. f. mikr. Anat.		13, 28
Reinke, 1894 : Zellstudien ; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 44.	28, 52, 53	58, 60
Rückert, 1895 : Ueber das Selbständigbleiben der väterlichen und mütterlichen Kernsubstanz während der ersten Entwicklung des befruchteten Cyclopseies; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 45.		67
Sargant, E , 1895 : Some details of the first nuclear division in the pollen-mothercell of *Lilium martagon;* Journal of the Royal microsc. Soc.	78	

	PRO	CONTRA
Sargant, E., 1896 : The formation of the sexual nuclei in *Lilium martagon* ; Annals of Botany, vol. X, Sept.	81	
Id. 1897 : The formation of the sexual nuclei in *Lilium martagon*. II. Spermatogenesis ; Annals of Botany, vol. 11, nº 13.	66	
Schockaert, 1901 : L'ovogénèse chez le *Thysanozoon Brocchi* ; La Cellule, t. XVIII.	88	
Schwarz, 1887 : Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas ; Cohn's Beiträge zur Biol. der Pflanzen.		17
Strassburger, 1880 : Zellbildung und Zelltheilung.	27	
Id. 1888 : Ueber Kern- und Zelltheilung.	78	
Id. 1895 : Karyokinetische Probleme ; Jahrb. f. wiss. Bot.	81	
Id. 1899 : Histologische Beiträge.	81	
Swaen & Masquelin, 1883 : Études sur la spermatogénèse ; Arch. de Biol., vol. 4.		
vom Rath, O., 1893 : Beiträge zur Kenntniss der Spermatogenese von *Salamandra maculosa* ; Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 57.	20	12, 18, 20 22, 67, 89
Id. 1895 : Neue Beiträge zur Frage der Chromatinreduction in der Samen- und Eireife ; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 46.		67, 85
von La Valette St-Georges, 1875 : Die Spermatogenese bei den Amphibien ; Arch. f. mikr. Anat., 12.	20	
Id. 1876 : Spermatologische Beiträge ; A. f. mikr. Anat., Bd. 12.	13	
von Lennossek, M., 1898 : Untersuchungen über Spermatogenese ; Arch. f. mikr. Anat., Bd. 51.		9, 15
von Winiwarter, 1900 : Recherches sur l'ovogénèse et l'organogénèse de l'ovaire des mammifères (lapin et homme) ; Archives de Biologie, t. 17.	70	69

	PRO	CONTRA
Watasé, 1893 : Homology of the centrosome; Journal of Morphol., VIII, May.	28	
Wilson, 1900 : The cell in development and inheritance; New-York.	23, 40	
Id. 1901 : Science, vol. XIII, January.	23, 45	
Zimmermann, 1892 : Die botanische Mikrotechnik; Tübingen.	17	

EXPLICATION DES PLANCHES.

Les chiffres indiquent les pages où les figures sont expliquées. Pour les procédés optiques et graphiques employés, voir les méthodes.

PLANCHE I.

Triton alpestris.

Grossissement : apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, oculaire 12, à moins d'indications contraires. Fixation : liqueur de Gilson. Coloration : méthode d'Heidenhain et rouge Congo.

FIG. **1**. Spermatocyte de premier ordre à l'état de repos. Le noyau s'y présente absolument de la même manière que dans les spermatogonies à noyau sphérique.

FIG. **2**. Auxocyte au stade du synapsis. **68**, **69**, **70**, **79**.

FIG. **3**. Auxocyte au stade du bouquet. **75**.

FIG. **4**. Auxocyte au stade du bouquet parfait. Les filaments non figurés sont indiqués en pointillé. Le pôle du noyau se trouve en bas, un peu à droite. On remarque deux paires de granules géminés. **73**, **74**, **77**, **79**, **81**.

FIG. **5**. Auxocyte à un stade précédant la segmentation. Le pôle du noyau se trouve en bas, vers la gauche. **78**, **79**, **87**.

FIG. **6**. Auxocyte après le stade de la segmentation du peloton. Le pôle du noyau est tourné vers le bas. On remarque l'enroulement des deux segments résultant de la première division longitudinale. **78**, **82**.

FIG. **7**. Fragment d'un noyau d'auxocyte à un stade un peu postérieur à celui de la fig. **5**. — **78**, **81**, **82**.

FIG. **8**. Chromosomes immédiatement après la segmentation du peloton. On y voit la première indication de la seconde division longitudinale. Première apparition des groupes quaternes. **81**, **82**.

FIG. **9**. Chromosomes à un stade un peu plus avancé. La deuxième division longitudinale y est bien évidente. **81**, **82**, **83**, **89**.

FIG. **10**. Chromosomes plus ramassés. Stade postérieur à celui de la fig. **9**. La deuxième division y est moins évidente. **81**.

FIG. **11**. Chromosomes au stade de la couronne équatoriale d'un auxocyte. Le chromosome de droite montre les deux dyades en ascension polaire. Les filaments des dyades sont enroulés sur eux-mêmes. Il en est de même pour le chromosome du milieu. Dans celui de droite, la deuxième division longitudinale ne se voit pas. **85**, **86**, **89**.

FIG. **12**. Premières anaphases des chromosomes des auxocytes. Les bâtonnets prennent diverses figures d'après l'endroit de leur insertion aux filaments rétracteurs du fuseau et d'après la soudure plus ou moins intime de leurs extrémités. Les bâtonnets *l* et *m* appartiennent à une même figure et montrent la différence énorme dans la grandeur des chromosomes. **82**, **85**, **90**.

FIG. **13**. Deux dyades en ascension polaire. Le chromosome *a* a été sectionné par le rasoir dans sa partie inférieure. On y voit bien les deux dyades encore enfermées dans leur gaîne commune de plastine. **85**, **86**, **89**, **90**.

FIG. **14**. Prophase de la division dans un noyau de spermatocyte de second ordre. On y reconnaît encore très bien les filaments-sœurs ou dyades des couronnes polaires des auxocytes. **90**.

Triton cristatus.

Grossissement : obj. apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 6 pour la FIG. **16**, ocul. 12 pour les autres figures. Fixation : solution de GILSON. Coloration à la méthode d'HEIDENHAIN et rouge Congo.

FIG. **15**. Deux spermatogonies-sœurs.

FIG. **16**. Fuseau d'auxocyte achevé montrant l'indépendance des deux asters. **87**.

FIG. **17**. Fuseau d'auxocyte presque achevé avec nombreux granules sidérophiles. **53**, **87**.

FIG. **18**. Auxocyte. Ascension polaire de deux chromosomes. Deuxième division longitudinale bien évidente. **86**, **89**.

FIG. **19**. Couronne polaire d'auxocyte avec dyades en V doubles. **86**, **90**.

FIG. **20**. Derniers stades de la division d'un auxocyte. Plaque fusoriale et rayonnement latéral du protoplasme. On ne reconnaît rien dans les deux couronnes polaires, parce que la fixation a été défectueuse. **86**.

FIG. **21**. Deux dyades de spermatocytes de second ordre aux premières prophases de la division. **90**.

Salamandra maculosa.

Grossissement : obj. apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. Fixation et coloration comme précédemment.

FIG. **22**. Anneaux d'un auxocyte. Dans l'anneau de droite, on voit la deuxième division longitudinale. **82**. **83**.

FIG. **23**. Couronne polaire d'un auxocyte montrant les V doubles des dyades. **83**, **86**, **90**.

FIG. **24**. Spermatocyte de second ordre en ascension polaire. L'aster d'en haut est double. **89**.

Triton punctatus.

Coloration à la méthode d'HEIDENHAIN et au rouge Congo.

FIG. **25**. Spermatogonie de second ordre, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. Se trouvant vers le bord de la préparation. On compte 22 blocs. **37**, **56**, **60**, **64**.

FIG. **26**. Spermatogonie de second ordre, fixée à la solution de GILSON, observée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 18. On voit le premier début de la résolution des blocs. **37**, **56**, **60**.

FIG. **27**. Spermatogonie de second ordre, fixée à la solution de FLEMMING, dessinée à l'apochr. 2 mm , ouv. num. 1,40 et ocul. 6 pour *a*, ocul. 18 pour *b*. Tous les blocs sont en résolution. On remarque entre eux les filaments du caryoplasme. **55**, **56**, **60**.

FIG. **28**. Fragment d'auxocyte au stade synapsis, fixé à la solution de GILSON et dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 18. Le fond du noyau est coloré en noir. Sur ce fond, des filaments analogues à ceux des blocs de spermatogonies en résolution se détachent en noir plus intense. Il est impossible de dire si tous ces filaments, qu'on poursuit assez loin à certains endroits, sont en relations et ne constituent par conséquent qu'un seul peloton, ou bien s'il y a un certain nombre de filaments séparés. **68**.

FIG. **29**. Fragment d'auxocyte au stade synapsis, fixé à la solution de GILSON et dessiné à l'apochr. 2 mm , ouv. num. 1,30, ocul. 18. On reconnaît encore les blocs à certains endroits. Les résolutions en tire-bouchon sont fréquentes et se font autour de l'axe idéal des filaments sortis des blocs; voyez surtout la partie supérieure de la figure. On poursuit le filament sur de fortes longueurs. **68**.

FIG. **30**. Auxocyte au commencement du stade du bouquet (postérieur au stade de la FIG. **31**), fixé à la solution de HERMANN, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. On y poursuit le filament nucléinien presque sur toute la longueur du peloton. Ce dernier est certainement unique. La division des granules de PFITZNER est déjà sensiblement plus avancée qu'au stade de la FIG. **31**. Dans le protoplasme, on ne trouve aucun granule analogue aux corpuscules centraux. **71**, **72**, **75**, **76**, **78**.

FIG. **31**. Auxocyte à la fin du stade synapsis et au début du stade du bouquet. Fixation etc. comme FIG. **30**. Déjà, certaines anses sont attirées du côté du pôle, qui ici est occupé par une paire de granules, corpuscules centraux destinés à disparaître pendant le long stade du bouquet. **49**, **68**, **69**, **70**, **71**, **76**.

FIG. **32**. Auxocyte au stade du bouquet presque complétement développé, fixé à la solution de HERMANN, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40 et l'ocul. 18. La gravure a rendu le dessin d'une façon trop crue. Les corpuscules centraux sont plus dégradés encore qu'il n'est indiqué ici et dans les granules de PFITZNER divisés on distingue des granules plus petits ou chromioles qu'on a omis de marquer. A ce stade, on compte le plus souvent 18, parfois 22, filaments qui descendent du fond noir du noyau vers son pôle. **71**, **74**, **76**, **78**.

FIG. **33**. Auxocyte au stade du bouquet très avancé, fixé à la solution de HERMANN, dessiné à l'apochr. 2 mm , ouv. num. 1,30, ocul. 6. Cet auxocyte est examiné du côté du pôle, le plan de la vision distincte passant aux environs du premier tiers du noyau à partir du pôle. **74**, **75**.

FIG. **34**. Auxocyte au stade du bouquet parfait avant la segmentation en chromosomes. Fixation, etc. comme FIG. **33**. On voit très bien ici que les deux extrémités des anses sont tournées du côté du pôle. On ne trouve tout le long de ces anses aucun corps qui puisse être comparé aux « chromoplastes » de EISEN, 1899. **72**.

FIG. **35**. Fragment d'un auxocyte au stade du bouquet développé, fixé à la solution de HERMANN, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. Cette figure montre surtout la réunion des anses par leurs deux bouts au pôle du noyau. **72**, **73**, **75**, **76**, **77**.

FIG. **36**. Auxocytes à la fin du stade du bouquet, fixés à la solution de FLEMMING, dessinés à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. **78**, **79**, **80**.

FIG. **37**. Ascensions polaires et réapparition de la deuxième division longitudinale dans les chromosomes-filles. Auxocyte fixé à la solution de HERMANN, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. **85**, **86**, **89**, **90**.

FIG. **38**. Réapparition des dyades dans un spermatocyte de second ordre (fragment) fixé à la solution d'HERMANN, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 18. **90**.

FIG. **39**. Stade plus avancé des mêmes prophases. Fixation, etc. comme FIG. **38**. — **16**, **90**.

FIG. **40**. Mise au fuseau des dyades d'un spermatocyte de second ordre. Fixation, etc. comme FIG. **38**. On voit dans la dyade d'en bas un dernier vestige de l'enroulement des bâtonnets. **16**, **90**.

FIG. **41**. Chromosomes de la couronne équatoriale de spermatocyte de second ordre fixés à la solution d'HERMANN, dessinés à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. Ces chromosomes se font remarquer par leur aspect trapu et renflé aux extrémités. **89**.

PLANCHE II.

FIG. **42** et **43**. Cellule-mère primitive sur deux coupes qui se suivent, fixée à la solution d'HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. **14**, **15**, **16**, **18**, **30**, **31**, **34**, **44**.

FIG. **44**. Fragment de l'élément nucléinien d'une cellule-mère primitive se préparant à se diviser, fixé à la solution de HERMANN et dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. **21**.

FIG. **45**. Spermatogonie à noyau polymorphe, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 12. En *vp*, on voit un des granules de réserve se transformer en protoplasme réticulé. **29**, **30**, **37**, **38**, **41**, **47**, **48**.

FIG. **46**. Spermatogonie à noyau en fer à cheval, fixée à la solution d'HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 8. La ligne pointillée partant de la lettre *c* devrait s'arrêter à la bride protoplasmique qui réunit la sphère à la membrane cellulaire. **37**, **38**, **41**, **42**, **47**, **48**.

FIG. **47**. Détail de la cellule FIG. **46**, dessiné à l'ocul. 18. **41**, **42**, **47**.

FIG. **48**. Spermatocyte à noyau en fer à cheval se trouvant aux environs de la cellule FIG. **46**. Fixation, etc comme cette figure. La cellule est au stade du peloton. **48**, **61**.

FIG. **49**. Spermatogonie à noyau en fer à cheval au stade de la segmentation du peloton. Les lettres indiquent les endroits où le filament va se sectionner. Fixation, etc comme FIG. **46**. — **48**, **61**.

FIG. **50**. Spermatogonie à noyau en fer à cheval aux dernières prophases de la division. Fixation, etc. comme FIG. **46**, lettres comme FIG. **49**. — **61**, **62**.

FIG. **51**. Deux spermatogonies à noyaux sphériques, fixées à la solution de HERMANN, dessinées à l'apochr. 2 mm., ouv num 1,30, ocul. 8. **37**, **38**, **41**, **44**. **47**.

FIG. **52**. Fragment de spermatogonie à noyaux sphériques. Fixation, etc comme FIG. **51**. — **41**, **47**.

FIG. **53**. Spermatogonie à noyau polymorphe, fixée à la solution de FLEMMING, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num 1,40, ocul. 18. Stade de la formation du fuseau. **50**, **51**, **72**.

FIG. **54**. Spermatogonie à noyau polymorphe. Fixation, etc. comme FIG. **53**. Stade de la couronne équatoriale. **42**, **53**, **54**, **63**.

FIG. **55**. Auxocyte au stade du bouquet, fixé à la solution de FLEMMING, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. Les deux branches d'une même anse et les branches de deux anses voisines sont réunies par des cordons du caryoplasme. L'intérieur du noyau est occupé par une substance incolore et très réfringente, dans laquelle se trouvent des nucléoles plasmatiques. **72**, **74**, **75**, **87**.

FIG. **56**. Fragment d'un auxocyte peu avant la formation de la figure de division, fixé à la solution de FLEMMING, dessiné sur deux plans différents de la même coupe à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 8. On y voit deux paires de granules réunies par une bande de protoplasme plus dense. De plus, un peu au-dessus du plan *a*, on trouve un groupe de deux granules à gauche de ceux qui y sont figurés, donc immédiatement au-dessus des granules du plan *b*. **87**.

FIG. **57**. Fragment de deux auxocytes après la segmentation du peloton. Fixation, etc. comme FIG. **56**. — **87**.

FIG. **58**. Fragments d'auxocytes au stade de la segmentation du peloton, fixés à la solution de FLEMMING, dessinés à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 6. **87**.

FIG. **59**. Fragments d'auxocytes au stade précédant immédiatement la segmentation du peloton, fixés à la solution de HERMANN, dessinés à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 12. Les lettres indiquent les granules géminés. Dans d'autres auxocytes voisins, on ne trouve pas de trace de granules analogues. **87**.

FIG. **60**. Auxocyte après la segmentation, fixé à la solution de FLEMMING, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 8. Certaines anses se sont déjà retournées pour se mettre au fuseau, qui est en train de se former. **87**.

PLANCHE III.

FIG. **62**. Cellule-mère primitive fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 6. **18**, **19**, **24**, **30**, **46**.

FIG. **63**. Cellule-mère primitive fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 12. **21**.

FIG. **64**. Spermatogonie de second ordre à noyau polymorphe, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. *a*, bout réunissant deux blocs sidérophiles et représentant la gaîne de plastine de l'élément nucléinien à un endroit vide de nucléine; *c*, caryoplasme; *n*, nucléole sidérophile; *n'*, nucléole plasmatique incolore. **31**, **35**, **37**, **38**, **41**, **47**, **60**.

FIG. **65**. Deux spermatocytes de second ordre à noyaux presque sphériques, fixés à la solution de HERMANN, dessinés à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 6. *A* et *B* représentent les deux mêmes cellules sur deux coupes qui se suivent. Tous les granules sidérophiles géminés, *a*, *b*, *c*, se trouvent *dans* les deux cellules dessinées. **44**.

FIG. **66**. Partie du protoplasme d'une spermatogonie de second ordre à noyau polymorphe, fixée à la solution de FLEMMING, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 12. Cette spermatogonie se trouvant à l'état de repos relatif, renferme une sphère et deux corpuscules centraux bien visibles. **41**, **47**.

FIG. **67**. Trois spermatogonies de second ordre à noyaux sphériques à divers stades de la formation du peloton, fixées à la solution de HERMANN et dessinées à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. Dans la cellule *A*, les blocs de nucléine *a* sont réunis par des parties moins colorées. A un stade plus avancé, ces blocs reprennent plus parfaitement la forme d'un boyau cylindrique plus ou moins continu, *a*, *xzy*, dans lequel le nouveau peloton apparaît. En *C*, le nouveau peloton est complétement développé. *b*, un bloc encore imparfaitement résolu; *c* et *a*, endroits où le peloton va se scinder en chromosomes. **56**, **57**, **58**, **60**, **61**.

FIG. **68**. Partie d'un chromosome à l'équateur de la figure, fixé à la solution de HERMANN, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. On reconnaît très bien la structure en boyau du chromosome; les plaquettes de nucléine de CARNOY ou granules de PFITZTER n'y ont pas encore subi de division. **59**, **60**, **63**.

FIG. **69**. Partie du peloton d'une spermatogonie au moment de sa scission en chromosomes, fixé à la solution de FLEMMING, dessiné à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 18. **62**.

FIG. **70** et **71**. Bâtonnets à l'équateur d'une figure de division de deux spermatogonies de second ordre, fixés à la solution de HERMANN, dessinés à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,30, ocul. 18. La FIG. **70** provient d'un spermatocyte où sur une même coupe on compte 18 bâtonnets. Dans le spermatocyte de la FIG. **71**, on en compte 24. **59**, **63**.

FIG. **72**. Partie du protoplasme d'une spermatogonie au stade de la segmentation du peloton, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, *A* ocul. 8, *B* ocul. 18. **50**.

FIG. **73**. Spermatogonie de second ordre à noyau en fer à cheval au stade de la mise au fuseau, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, *A* ocul. 4, *B* ocul. 18. Au centre de la figure, on voit la sphère ou plage résiduelle avec un grand nombre de centres d'activité. **50**, **51**, **52**, **53**, **63**.

FIG. **74**. Spermatogonie de second ordre à noyau en fer à cheval, fixée à la solution de FLEMMING, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 12. La sphère est légèrement plus colorée que le reste du protoplasme. A droite, les rayons de l'aster en formation n'aboutissent pas au corpuscule central ou granule sidérophile qu'on y trouve. **63**.

FIG. **75**. Spermatogonie de second ordre à noyau en fer à cheval au stade de l'ascension polaire, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. Les corpuscules centraux, bien évidents à un faible grossissement, montrent aux meilleures lentilles qu'ils forment une masse d'empâtement à la rencontre de tous les rayons de l'aster. D'ailleurs, ces derniers ne se rencontrent pas exactement au même point. **43**, **50**, **53**, **54**, **55**, **63**.

FIG. **76** et **77**. Spermatogonies de second ordre à noyaux sphériques au stade des couronnes polaires, fixées à la solution de FLEMMING, dessinées à l'apochr. 2 mm.,

ouv. num. 1,40, ocul. 12. Les asters de la division subséquente sont déjà formés au pôle supérieur de ces figures. Ils sont méconnaissables à cause de la précipitation d'une substance sidérophile aux nœuds formés à l'entrecroisement de leurs rayons. Les divers filaments de l'aster-mère deviennent même invisibles dans la FIG. **76**, pôle supérieur, à une petite distance des corpuscules centraux. Il s'est produit là une précipitation d'une substance non sidérophile. La partie inférieure, *b*, de la FIG. **76** appartient à la même coupe que la FIG. **77**. La partie *a* de la FIG. **76** se trouve dans une coupe suivante. **55**, **63**.

FIG. **78**. Couronne équatoriale d'une spermatogonie de second ordre à noyau en fer à cheval. Fixation, etc. comme FIG. **76**. — **43**, **59**.

FIG. **79**. Petite spermatogonie de second ordre aux dernières télophases de la division, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 8. Cette figure montre de quelle façon les V des couronnes polaires se soudent à leurs bouts libres. Les tracés à gauche de la figure indiquent la forme de cinq chromosomes. Les pointillés se trouvent aux endroits des soudures. **63**.

FIG. **80**. Petite spermatogonie de second ordre aux télophases de la division, fixée à la solution de HERMANN, dessinée à l'apochr. 2 mm., ouv. num. 1,40, ocul. 18. Cette figure se trouve vers les bords d'une préparation dans la troisième rangée des cellules. On voit déjà apparaître dans le boyau nucléinien le nouveau filament qui donnera le peloton de la division subséquente. **57**, **58**, **59**, **60**, **61**, **63**.

FIG. **81**. Deux spermatogonies de second ordre peu de temps après la division, fixées à la solution de HERMANN, dessinées à l'apochr. 2 mm , ouv. num. 1,40, ocul. 18. Cette figure montre la dégradation du fuseau de division et la formation de la « sphère » (p. 43). On y remarque aussi dans les noyaux des restes des V des couronnes polaires, principalement en *z*, *y'*, *c*, etc. **43**, **44**, **47**, **60**, **61**, **64**.

FIG. **82**. Mêmes cellules que dans la FIG. **81**, mais dessinées à l'ocul. 8. Cette figure montre que la « sphère » n'est qu'un reste de la figure fusoriale. **43**, **47**, **64**.

FIG. **83**. Spermatogonie à noyau en fer à cheval, dont les deux branches du noyau sont coupées transversalement. Fixation, etc. comme FIG. **82**. — **43**, **47**.

TABLE DES MATIÈRES.

Introduction 7
Méthodes 8

PREMIÈRE PARTIE.

Cinèses somatiques dans les testicules des Tritons.

Chapitre I. Les spermatogonies polymorphes de premier ordre ou cellules-mères primitives. 12
§ 1. Définition de la cellule-mère primitive 12
§ 2. Noyau des cellules-mères à l'état de repos 14
Membrane 14
Nucléoles 14
Élément nucléinien 17
Caryoplasme 17
§ 3. Protoplasme des cellules-mères primitives 18
Sphères 18
§ 4. Division des cellules-mères 19
Dégénérescence 19
Division 20
Noyau 21
Figure fusoriale 22
Appendice. Considérations générales sur la nature des corpuscules centraux dans le testicule de triton 25
Chapitre II. Spermatogonies de second ordre 28
Définition 28
A. Caractères distinctifs des diverses spermatogonies de second ordre . . . 29
§ 1. Spermatogonies à noyau polymorphe 29
Protoplasme 30
Granules du protoplasme 30
Opinions des auteurs. 31
Discussion 32
Essais microchimiques 32
§ 2. Spermatogonies à noyau en fer à cheval et à noyau sphérique. . 36
B. Caractères communs des spermatogonies de second ordre 36
§ 1. Description de la cellule au repos 36
1° Noyau 36
Élément nucléinien 36
Enchylème 38
Nucléoles 38
2° Protoplasme 39
3° Membrane cellulaire. 39

Chapitre III. Division cellulaire dans les spermatogonies 39
A. Figure fusoriale 40
§ 1. La sphère 40
Description 40
Nature 42
Granules sidérophiles simples ou géminés 44
§ 2. Les corpuscules centraux 46
§ 3. Formation de la figure fusoriale 48
Fuseau central 48
Les asters 51
La figure 73 51
Comment se forme la figure fusoriale 52
B. Figure nucléinienne des spermatogonies 55
§ 1. Résolution des blocs de nucléine 55
§ 2. Description des télophases 57
§ 3. Origine du peloton 60
§ 4. Formation des chromosomes 61
§ 5. Ascensions polaires et derniers stades de la division . . . 63

DEUXIÈME PARTIE.

Les cinèses sexuelles.

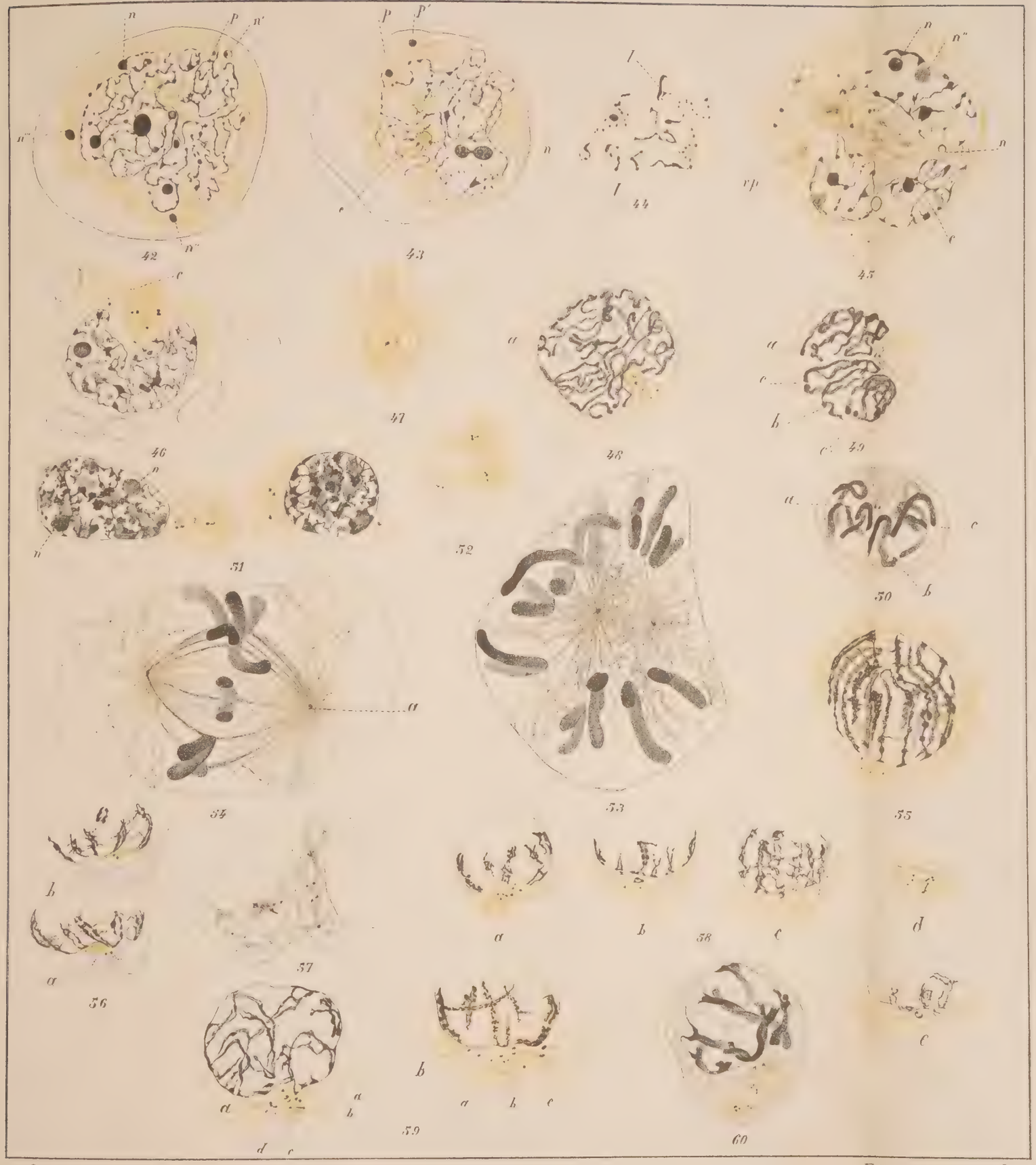
Terminologie 65
Chapitre I. Auxocytes ou spermatocytes de premier ordre 66
§ 1. Stade de synapsis 66
Réduction en nombre 67
§ 2. Stade du bouquet 71
A. Développement de ce stade 71
B. Division longitudinale 73
C. Nombre des anses 74
Discussion de la description de Eisen, 1900 75
Nucléoles 75
§ 3. Stade de la segmentation du peloton en chromosomes . . . 78
§ 4. Formation des groupes quaternes 80
A. Deuxième division longitudinale 81
B. Dernières prophases et métaphases de la première cinèse sexuelle . 82
Anneaux 83
Mise au fuseau 85
C. Grandeur relative des chromosomes 85
D. Anaphases dans les cinèses des auxocytes 86
§ 5. Quelques mots sur la figure fusoriale dans les spermatocytes . . 87
Chapitre II. Spermatocytes de second ordre 89

Résumé et considérations générales. 91
Liste des auteurs cités. 99
Explication des planches 107

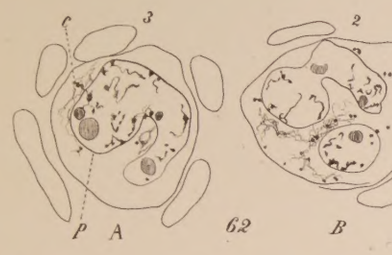
Planche I.

Janssens ad nat. delin.

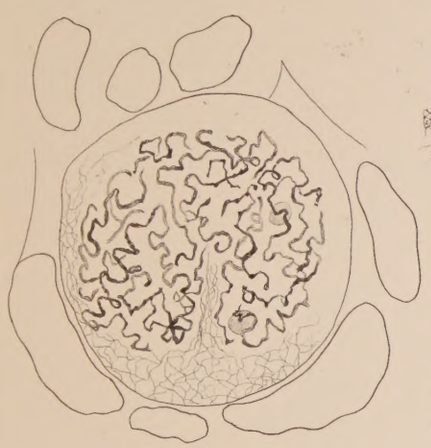
Planche II.



Janssens ad nat. delin. S. De Leeuw Lith. F. Biesemans Sculp.



62



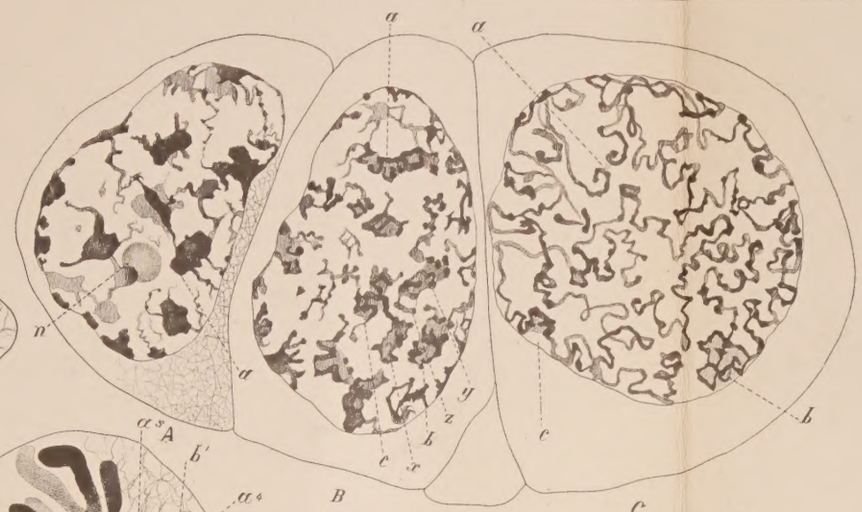
63

A

72

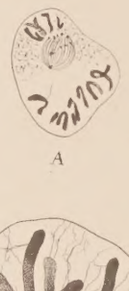
B

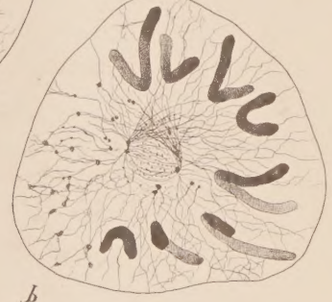
73 B



67

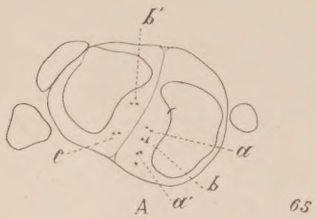
66



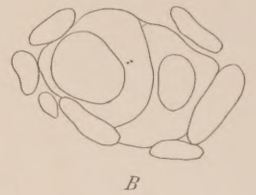


74

75



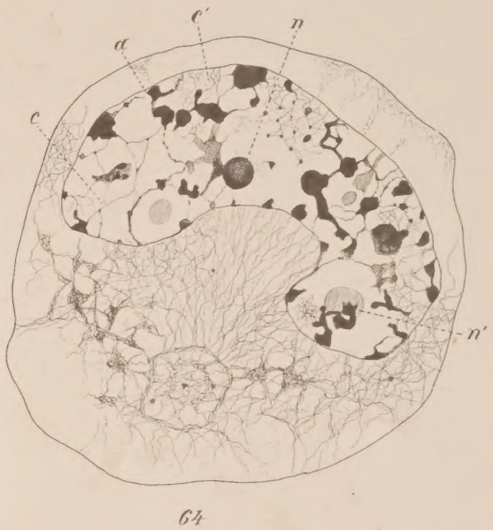
65



B

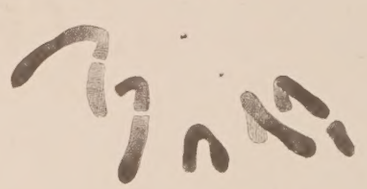
68

69

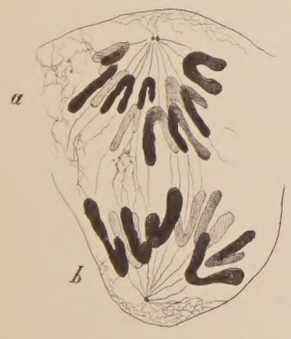


64

70



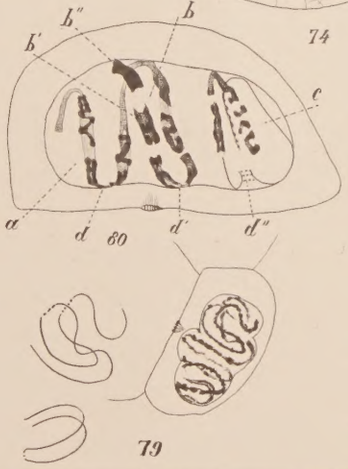
71



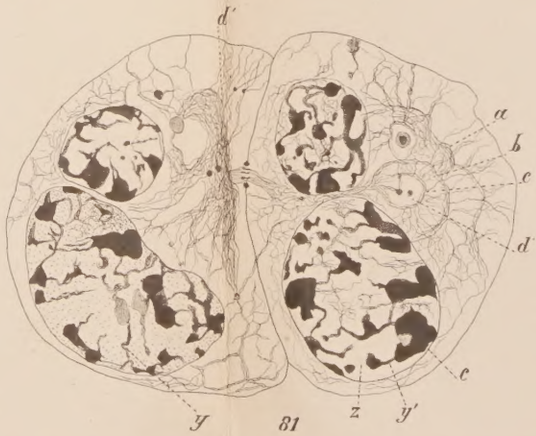
76

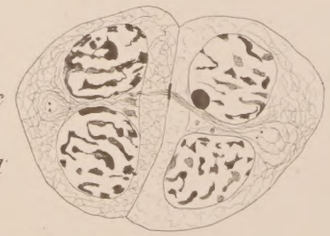
77

78



79





82

83

McClung

With the compliments of
C. E. MCCLUNG
Lawrence, Kan., U. S. A.